

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS IR GAMTOS MOKSLŲ FAKULTETAS
APLINKOTYROS KATEDRA

Aušra Budrytė

**TITNAGDUMBLIŲ, KAIP VANDENS KOKYBĖS
BIOINDIKATORIŲ, ANALIZĖ NEVĖŽIO UPĖJE**

Magistro darbas

Gamtinių sistemų valdymo magistro studijų programa

Vadovas lekt. dr. Martynas Kazlauskas

Šiauliai, 2014

TURINYS

ĮVADAS.....	3
TERMINAI IR APIBRĖŽIMAI.....	4
1. LITERATŪROS ANALIZĖ.....	6
1.1. Ekologinės dumblių grupės.....	6
1.2. Titnagdumblių morfologija.....	7
1.3. Titnagdumblių klasifikacija.....	8
1.4. Titnagdumblių, kaip biologinių indikatorių, savybės ir jų panaudojimas.....	9
1.5. Nevėžio vandens tarša, tyrimai, kokybė ir apsauga.....	11
2. DARBO OBJEKTAS IR METODAI.....	13
2.1. Darbo objektas.....	13
2.1.1. Nevėžio upės užterštumo fiziniai ir cheminiai rodikliai.....	15
2.2. Darbo metodai.....	18
2.3. Rezultatų interpretavimas.....	22
2.3.1. Simpsono indekso (ds) nustatymas.....	22
2.3.2. Saprobiškumo indekso (s) nustatymas.....	23
3. DARBO REZULTATAI IR JŲ ANALIZĖ.....	26
3.1. Titnagdumblių dominavimo indeksai.....	30
3.2. Saprobiškumo įvertinimas.....	32
3.3. Rezultatų apibendrinimas.....	35
IŠVADOS.....	41
REKOMENDACIJOS.....	42
SANTRAUKA.....	43
SUMMARY.....	44
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	45
PRIEDAI.....	50

ĮVADAS

Svarbiausia Panevėžio ir jo rajono vandens arterija yra Nevėžis – didžiausia vidurio Lietuvos upė. Spartus Panevėžio miesto vystymasis pastaruosius dešimtmečius – pagrindinis taršos faktorius. Paviršiniai vandenys – aplinkos taršai jautriausia vandenų grupė. Nevėžio upės vandenys kenčia tiek nuo miesto, tiek nuo pasklidusios žemės ūkio taršos.

Titnagdumbliai yra svarbi vandens ekosistemų dalis ir vandens kokybės stebėsenos priemonė, kai pagrindinis tikslas yra arba įvertinti bendrą vandens kokybę, arba specifinius vandens kokybės aspektus. Titnagdumblių, kaip vandens kokybės indikatorių, naudojimas plačiai paplitęs Europoje ir JAV (EN 13946, 2003). Reikalavimai vykdyti šių procesų stebėseną nustatyti, greta kitų ES direktyvų ir tarptautinių sutarčių Vandens pagrindų direktyvoje (2000/60/EB) ir direktyvoje dėl miesto nuotekų valymo (91/271/EEB). Kartais titnagdumbliai yra vienintelis patikimas rodiklis, leidžiantis įvertinti vandens kokybę.

Tikslas – atlikus titnagdumblių analizę, įvertinti vandens kokybę Nevėžio upėje, identifikavus pagrindinius taršos ir grėsmės vandens kokybei šaltinius skirtingose upės dalyse, pateikti rekomendacijų situacijai gerinti.

Uždaviniai:

1. Argumentuotai pasirinkti upės vietas, kuriose bus imami titnagdumblių mėginiai, parinkti racionalų mėginių ėmimo laikotarpį ir periodiškumą.
2. Laboratorijoje ištirti mėginiuose esančių titnagdumblių rūšinę sudėtį ir santykinį gausumą.
3. Pagal laboratorinių tyrimų rezultatus įvertinti vandens kokybę skirtingose Nevėžio dalyse.
4. Išanalizavus gautus duomenis ir sugretinus su kitais vandens kokybės parametrais, pateikti rekomendacijų vandens kokybei Nevėžio upėje valdyti.

TERMINAI IR APIBRĖŽIMAI

Antropogeninis poveikis – žmogaus poveikis aplinkai.

Bentosas – vandens organizmai, gyvenantys vandens telkinio dugne.

Biocheminis deguonies suvartojimas – ištirpusio deguonies, reikalingo tam tikromis sąlygomis organinėms ir neorganinėms vandens priemaišoms biologiškai oksidinti, masinė koncentracija.

Chlorofilas – pigmentų, suteikiančių augalams žalią arba geltoną spalvą, kompleksas.

Chlorofilas „a“ – fotosintezę atliekančių ląstelių pigmentas.

Distrofinis vanduo – vanduo su mažai biogeninių ir daug humusinių medžiagų.

Dumbliai – grupė žemesniųjų augalų, turinčių savo ląstelėse chlorofilo ir gebančių savarankiškai sintetinti organines medžiagas.

Fitobentosas – vandens telkinio dugne augančių, prie dugno prisitvirtinančių augalų visuma.

Fitoplantonas – augalinis plantonas – vandenyje suspenduotų augalinių mikroorganizmų.

Hidromorfologinės sąlygos – hidrologinės ir morfologinės – geometrinės vandens telkinio charakteristikos.

Humusas – sudėtinga organinė medžiaga, kurią sudaro dirvožemyje ir jo paviršiuje besikaupiančios negyvų augalų ir gyvūnų liekanos.

Mėginio fiksavimas – tiriamųjų mėginio savybių išsaugojimas per laikotarpį nuo mėginio paėmimo iki analizavimo, pridedant fiksavimo reagentų.

Mikroorganizmai – pro mikroskopą įžiūrimi, dažniausiai vienaląsčiai organizmai: bakterijos, virusai, kai kurie grybai, dumbliai, pirmuonys; gyvena dirvožemyje, vandenyje, maisto produktuose, kituose organizmuose, ore.

Oligosaprobinis vanduo – paviršinis vanduo, kuriame mineralizavimas užbaigtas. Jame gausu ištirpusio deguonies, gali gyventi įvairiausi augalai ir gyvūnai, visų pirma fototrofiniai augalai ir deguoniui reiklūs gyvūnai

Organinės medžiagos – medžiagos, susidedančios iš molekulių, kurių pagrindas sudaro anglies ir vandenilio atomai: angliavandeniai, baltymai, riebalai ir kt.

Polisaprobinis vanduo – gausiai užterštas tirpiomis organinėmis medžiagomis ir jų anaerobinio irimo produktais.

Saprobinis – pūvantis, dūlantis, susijęs su puvimu, gyvūnų ir augalų liekanų irimu.

Saprobinis valentingumas – rūšies gebėjimo prisitaikyti prie aplinkos sąlygų laipsnis.

Saprobiškumo indeksas (S) – skaitmeninis dydis vandens telkinio biocenozei apibūdinti, vartojamas telkinio biologinei kokybei nurodyti.

Substratas – pagrindas (daiktas ar medžiaga), prie kurio prisitvirtina organizmai.

Taksonas – sisteminė (taksominė) kategorija, apimanti giminingų organizmų grupę, augalų, gyvūnų arba grybų sisteminis vienetas – rūšis, gentis, šeima, klasė ir kt.

1. LITERATŪROS ANALIZĖ

1.1. Ekologinės dumblių grupės

Įvairūs ekologiniai veiksniai (šviesa, temperatūra, krituliai, cheminiai, biotiniai, antropogeniniai) lemia dumblių paplitimo gausumą, rūšinę sudėtį, jų reikšmę organizmų bendrijose (Jankavičiūtė, 1996).

Remiantis A. Balevičiumi ir kt. (2007), gyvieji organizmai, jų liekanos, deguonis, anglies dioksidas ir maisto medžiagos, kaip antai: silicis, azotas, fosforas, yra vienos svarbiausių daugelio komponentų vandenyno ekosistemoje. Gyvieji organizmai yra skirstomi į nektono, planktono ir bentoso grupes.

Nektono grupė – žuvis, moliuskai ir kiti žinduoliai, galintys plaukioti. Pasak D. Heinrich ir M. Hergt (2000), nektoną daugiausia sudaro plėšrios plaktonu mintančios žuvis. Planktoną sudaro smulkūs augalai – fitoplanktonai arba zooplanktonai. Jie priklausomi nuo srovių tėkmės ir vėjo, nes patys neturi plaukiojimo aktyvių organų, todėl yra nešiojami (Balevičius ir kt., 2007).

Pasak G. Jankavičiūtės (1996), daugiausia planktoninių dumblių būna paviršiniame vandens sluoksnyje (10–15 metrų gylyje). Planktoninių dumblių reikšmė vandens telkiniuose yra ypatinga, nes nuo jų rūšinės ir organinės struktūros priklauso vandens telkinio gyvybiniai procesai, vandens sistemos funkcionavimas. Taip yra todėl, pasak G. Jankavičiūtės (1996), kad kartais dėl buitinių nutekamųjų vandenų dumblių vystymasis suaktyvėja ir vanduo pradeda žydėti – vyksta antrinis vandens telkinio užterštumas.

Planktono dumblių visuma vadinama fitoplanktonu. Planktono dumbliai visoje vandens stovymėje juda pasyviai, veikiami vandens srovių, arba aktyviai, padedant žiuželiams, (Kostkevičienė, 2007).

Fitoplanktonas – tai pirmoji grandis mitybos santykių grandinėje. Jis greičiausiai reaguoja į aplinkos sąlygų pokyčius (ypač cheminę sudėtį). Pagal vienos ar kitos dumblių rūšies išplitimą planktone nustatomi tam tikros vandens baseino sąlygos, vandens užterštumo laipsnis. Šios rūšys yra vadinamos saprobiškumo indikatoriais (Kavaliauskienė, 1996). Pasak A. Bubino ir E. Bukelskio (1998), mikroskopiniai vienaląsčiai ir kolonijiniai dumbliai – fitoplanktonai – svarbiausi autotrofai vandenyje. Pagal dumblių floros sudėtį ir gausumą galima nustatyti vandens telkinio švarumo laipsnį (Kavaliauskienė, 1996). Vieni tokių dumblių priklauso titnagdumblainių (*Bacillariophyta*) skyriui.

Kita svarbi gyvųjų organizmų vandenyje grupė yra bentosas. Jai grupei priklauso organizmai, kurie gyvena dugne arba nuosėdose (Balevičius ir kt., 2007). Bentosiniai dumbliai

laisvai plaukioja arba būna prisitvirtinę gyventi prie vandens telkinio dugne prie grunto arba įvairių ten esančių gyvų ir negyvų substratų (Jankavičiūtė, 1996). Bentoso dumblių visuma yra vadinama fitobentosu (Kostkevičienė, 2007). Pagal prisitaikymą gyventi tam tikromis sąlygomis jie skiriami į (Jankavičiūtė, 1996; Kostkevičienė, 2007; Kabailienė, 2006) šias grupes:

Epilitai – tai dumbliai, augantys ant uolų, akmenų ir kitų kietų substratų.

Epipelitai – tai dumbliai, augantys ant smėlio ir dumblo.

Epifitai – tai dumbliai, augantys ant įvairių augalų paviršiaus.

Epizoitai – tai dumbliai, gyvenantys ant gyvūnų kūno paviršiaus.

Endolitai – tai dumbliai, gyvenantys įsiskverbia į substratą.

Endifitai – dumbliai, gyvenantys įvairių augalų audiniuose.

Parazitai – tai dumbliai, mintantys medžiagomis, kurios yra kituose organizmuose.

Perifitonai – tai dumblių apaugimai ant keltų, laivų ir kitų daiktų esančių vandenyje.

Pasak G. Jankavičiūtės (1996), gausiai bentosinių dumblių aptinkama vandens telkiniuose, kuriuose yra kietas gruntas ir vandens masių intensyvus judėjimas. Specifinė yra perifitono bentosinių dumblių grupė, nes ji daug padaro žalos. Jei yra palankios sąlygos vystytis, bentosinių dumblių gausumas gali užkimšti vandens filtrus ir siurblius. Šiai grupei priklauso titnagdumblių rūšys *Gomphonema*, *Cocconeis* ir kitų dumblių rūšys. Bentosinių dumblių vyraujančios grupės yra titnagdumbliai *Navicula*, *Nitzschia* ir kitų genčių dumbliai.

Pasak A. Balevičiaus ir kt. (2007), sekliuose, produktyviuose vandens telkiniuose, kur titnagdumblių įvairovė mažesnė, vyrauja planktoninės ir bentosinės titnagdumblių *Nitzschia*, *Synedra*, *Fragilaria* genčių rūšys. Vadinasi, tos pačios rūšies titnagdumbliai gali priklausyti ir bentosinei ir planktoninei dumblių ekologinei grupei.

Titnagdumbliai yra jautrūs aplinkos fizikinių ir cheminių veiksnių pokyčių indikatoriai, naudojami vandens kokybės tyrimuose.

Fotosintezės metu išsiskyres deguonis dalyvauja organinės medžiagos mineralizacijoje. Masiškai besivystys dumbliai patys tampa biologinio užterštumo veiksniais, sukelia vadinamąjį vandens žydėjimą – antrinį vandens užterštumą (Kavaliauskienė, 1996). Pasak V. Galinio (1979), titnagdumbliai tai pagrindiniai jūrų ir vandenynų organinės medžiagos gamintojai.

1.2. Titnagdumblių morfologija

Visiems titnagdumbliams būdingas yra gniužulų morfologinis kokoidinis tipas. Šio tipo dumblių ląsteles dengia tvirtas vientisas arba sudėtinis apvalkalas, nėra žiuželių ir pseudopodijų, ląstelės yra įvairių geometrinių formų (Kostkevičienė, 2007).

Titnagdumbliai gali judėti padedant išskiriamoms gleivėms: jie šliaužia substratu priešinga gleivių išskyrimui kryptimi. Ląstelės citoplazma išsidėsčiusi pasieniui, o kita ląstelės pilna vakuolių. Būdingi pigmentai – chlorofilas *a* ir *c*, ksantofilų grupės pigmentai (pvz., fukoksantinas). Titnagdumbliai dauginasi nelytiniu ir lytiniu būdais. Pasak C. Emiliani (1992), nelytiniu būdu dauginasi vegetatyviškai – ląstelėms dalijantis pusiau. Lytiškai dauginasi ogamijos ir izogamijos būdais.

Pasak G. Jankavičiūtės (1996) ir A. Mažeikienės (2009), titnagdumbliams būdinga šviesiai rudos ir gelsvos spalvos, specifinis ląstelių apvalkalėlis – skaidrus, taisyklingos geometrinės formos silicio oksido šarvelis. Šarvelis iš dviejų pusių, kurios susideda kaip dėžutė su dangteliu. Šarvelio forma labai įvairi: disko, būgno, cilindro, rutulio, plokščios dėžutės, lazdelės, adatėlės ir kt. (1 pav.). Titnagdumbliai ne tik plačiai paplitę, bet ir dažnai vystosi masiškai.



1 pav. Titnagdumblių šarvelių formos (Mitch, 2012)

Pasak V. Galinio (1979), titnagdumbliai labai paplitę gėlių vandens ir jūrų plaktone ir bentose. Jų ląstelės nuo kelių iki kelių šimtų mikronų skermens.

1.3. Titnagdumblių klasifikacija

Titnagdumblių skyriaus dumbliai vienaląsčiai, kiti sudaro kolonijas. Skyrius skirstomas į dvi klases: centradumblių (*Centrophyceae*, atstovai: apskrituolės – *Cyclotella*, melioziros – *Melosira*), ir plunksnadumblių (*Pennatophyceae*, atstovai: dvikiautės – *Diatoma*, sinedros – *Synedra*, žvaigždutės – *Asterionella*, valtelės – *Navicula*) (Mažeikienė, 2009).

Centradumbliai (*Centrophyceae*) tai – radialinės simetrijos titnagdumbliai. Ląstelės (šarveliai) disko, statinaitės, cilindro, būgnelio, prizmės, lęšio ar rutuliuko pavidalo (Galinis, 1979). Siūlės jie neturi ir yra nejudrūs. Pasak G. Jankavičiūtės (1996), daugiausia tai jūriniai dumbliai, gėluose ir apysūriuose vandenyse reti.

Plunksnadumbliai (*Pennatophyceae*) klasei priskiriami vienaląsčiai pavieniai ir kolonijiniai dvišalės simetrijos ir asimetrijos titnagdumbliai (Galinis, 1979). Šarvelio dydis gali būti nuo 0,01 iki 1 mm. Dangtelių forma įvairi: ovališka, elipsiška, lancetiška, linijiška, pjautuvo, kiaušinio, kuokos pavidalo ir labai retai kada apvali (Jankavičiūtė, 1996). Plunksnadumbliai daugiausia paplitę gėluose vandenyse. Pasak V. Galinio (1979), vieni stambiausių plunksnadumblių yra *Pinnularia* Ehr. Jie užauga iki 350 mikronų ilgio ir iki 50 mikronų pločio, didžiausia titnagdumblių gentis – *Navicula* Bory. Jų yra daugiau kaip 1 000 rūšių. *Gomphonema* Ag., *Synedra* Ehr, *Fragilaria* Lyngb. genties titnagdumbliams priklauso apie 100 rūšių.

1.4. Titnagdumblių, kaip biologinių indikatorių, savybės ir jų panaudojimas

Užsienio autoriai (Reid, et. al., 1995) teigia, kad titnagdumbliai turi keletą požymių, dėl kurių jie ir yra biologiniai indikatoriai. Jie yra labai jautrūs cheminei vandens sudėčiai ir pokyčiams. Titnagdumbliai gausiai aptinkami visų tipų paviršiniuose vandenyse. Dėl to, pasak M. A. Reid ir kitų mokslininkų (1995), pakanka nedidelio kiekio mėginių rūšių įvairovei nustatyti.

Biologiniai indikatoriai yra labai reikšmingi nustatant vandens kokybę. Dažniausiai pagrindinis tikslas, vertinant vandens kokybę, yra įvertinti praeities, dabarties ir ateities atropogeninius faktorius, veikiančius vandens ekosistemas. Pasak M. A. Reid ir kitų (1995), būtent titnagdumbliai yra vienas iš efektyviausių bioindikatorių visame pasaulyje. Dumblių rūšys, kurios vystosi, tam tikroje vietovėje priklauso nuo įvairių aplinkos veiksnių: druskingumo, temperatūros, pH, vandens tėkmės, šėšelio, aptinkamumo substrato vandenyje, cheminės sudėties ir kt. Taigi rūšys, randamos vandenyje, suteikia informacija apie vandens kokybę.

Titnagdumblių bendruomenių charakteristikos yra naudojamos ekologiniam upių ir upelių vientisumui įvertinti ir kokybės prastėjimo priežastims nustatyti. Titnagdumblių sudėties charakteristikos yra paprastai naudojamos su visomis perifitono ar planktono charakteristikomis įvertinant vandenį (Stoermer et. al., 1999).

Pirmasis publikuotas darbas apie titnagdumblis buvo F. W. Lewiso dokumentas, išspausdintas Gamtos mokslų akademijos tyrinėjimų leidinyje 1860 metais, rasti ir aprašomi pirmieji dumbliai, prie kurių dabar prirašomas šio autoriaus vardas.

Kaip titnagdumblius, kaip indikatorius, naudoti vandens kokybei nustatyti, aprašyta standarte EN 13946:2003, kurį 2003 metais įsipareigojo įgyvendinti nacionalinės standartų organizacijos, kurios yra Austrijoje, Belgijoje, Čekijoje, Danijoje, Suomijoje, Prancūzijoje, Vokietijoje, Graikijoje, Vengrijoje, Islandijoje, Airijoje, Liuksengurge, Maltoje, Nyderlanduose, Norvegijoje, Portugalijoje, Slovakijoje, Ispanijoje, Švedijoje ir Jungtinėje Karalystėje (EN 13946:2003). Šiose šalyse yra taikomas ir atliekamas titnagdumblių monitoringas (Solak et. al., 2011). 2004 metų birželio mėnesį standartas patvirtintas ir Lietuvoje (šis standartas taikomas ir šiame tyrime).

Titnagdumblių monitoringas Lietuvoje neatliekamas. Valstybinės aplinkos monitoringo 2011–2017 metų programos įgyvendinimo priemonių planuose yra įtrauktas fitoplanktonas ir fitobentosas Baltijos jūroje, ežeruose, upėse. Fitoperifitonas į biologinius elementų rodiklius neįtrauktas. Tyrimų, pagrįstų fitoplanktonų tyrimų metodikomis, Lietuvoje atliekama daugiausia, tačiau nereikėtų pamiršti ir fitoperifitono tyrimų metodikos, padedančios nustatyti vandens kokybę, rekomenduojamos daugelio Europos šalių.

Nevėžio upės dalys žemiau Velžio, žemiau Krekenavos, ties Raguva yra įtrauktos į 2014 metų programos planus. Panevėžio teritorijoje tekančio vandens upės dalys į monitoringą anksčiau neįtrauktos. Tai nenumatyta ir 2001–2017 metų planuose.

Fitobentosas, reprezentuojamas titnagdumblių, yra vienas biologinių vandens kokybės elementų, kuriems nustatytas reikalavimas suformuoti upių vandens būklės vertinimo kriterijus. Kol kas nesukurti jokie titnagdumblių vertinimo kriterijai, kurie būtų pritaikyti Lietuvos upėms. Pasak M. Gudo (2010), pastaruoju metu tiek Lietuvoje, tiek ir visoje Europos Sąjungoje, labai aktualu tinkamai įvertinti upių vandens būklę, nustatyti problemas, jas lemiančius veiksnius ir imtis adekvačių būklės gerinimo priemonių, nes to reikalauja 2000 m. įsigaliojusi Bendroji vandens politikos direktyva (toliau – BVPD) – pagrindinis vandens sritį ES reguliuojantis teisinis dokumentas.

Lietuvoje upių titnagdumblių klausimu atliktų tyrimų nedaug. Išvysčius rodiklius ir nustačius jiems slenkstines vertes, bus įvykdytas BVPD reikalavimas sukurti upių būklės vertinimo sistemą ir fitobentosui. Pagal ją bus vertinama Lietuvos upių vandens būklė ir rengiamos priemonių programos tam gerinti. M. Gudas (2010) rekomenduoja, kad, siekiant geresnių rezultatų, į valstybinio monitoringo programą tikslinga įtraukti daugiau blogą, labai blogą ir labai gerą būklę reprezentuojančių tyrimų vietų, kad pagerėtų hidrocheminių ir ypač titnagdumblių indeksų verčių sklaida Lietuvoje.

Naudojant titnagdumblių indeksų saprobiškumo skaitines reikšmes atliekami tyrimai, padeda nustatyti, kokio užterštumo zonai priklauso tiriamos dalys. Šiuos tyrimus atliekančios

šalys pabrėžia, kad biologinius metodus, kuriuose yra naudojami saprobiškumo indikatoriai titnagdumbliai, būtina įtraukti į aplinkos monitoringą (William et. al., 2001; Minela, Vildana, 2007; Kelly et. al, 2014). Pasak M. Potapovos ir D. F. Charles (2003), bentoso titnagdumbliai yra svarbiausia grupė vandens ekosistemoms, ir jie yra pagrindiniai antropogeninių faktorių nustatymo rodikliai. Vadinasi, būtent titnagdumblių rūšinė įvairovė ir jų saprobiškumo indeksų skaitinės reikšmės yra geriausi vandens kokybės rodikliai.

1.5. Nevėžio vandens tarša, tyrimai, kokybė ir apsauga

2010 metais Aplinkos apsaugos agentūra prognozavo, kad į Nevėžio pabaseinio vandens telkinius išleidžiamos sutelktosios taršos apkrovos dėl pagrindinių MNV (miestų nuotekų valymo) direktyvos priemonių įgyvendinimo beveik nepasikeis. Nedidelis bendrojo azoto taršos apkrovų sumažėjimas buvo tikėtinas tik Panevėžio nuotekų valyklose, kur išleidžiamose nuotekose bendrojo azoto koncentracija šiek tiek didesnė nei nurodyta nuotekų reglamente.

Panevėžio nuotekose bendrojo azoto koncentracija 2008 m. siekė 10,5 mg/l. Buvo planuota, kad, įgyvendinant Nuotekų reglamento reikalavimus, bendro azoto koncentracija Panevėžio nuotekų valyklose nebeviršys 10 mg/l (Aplinkos apsaugos agentūra, 2010). Prognozuota, kad, sumažėjus Panevėžio ir Kėdainių nuotekų valyklų taršai bendruoju azotu, bendra sutelktosios taršos ir bendro azoto apkrova Nevėžio pabaseinyje sumažės apie 4 proc. Ar šios prognozės pasitvirtino, duomenų nėra. Vėlesni 2012 metų A. Smetonio tyrimai byloja, kad Nevėžio upės vandens kokybės būklė gerėja.

A. S. Šileika (2012) nagrinėjo Nevėžio upės debito, bendrojo azoto (N) ir bendrojo fosforo (P) kaitą 1986–2010 metais, nes būtent šių cheminių medžiagų junginiai daro didžiausią įtaką vandens eutrofikacijai. Š. Morkevičius ir kt. (2009) tyrimais nustatė, kad Panevėžyje nuotekų valymo įrenginiai nedaro neigiamos įtakos Nevėžio upės taršai, po išvalymo teršalų koncentracijos neviršijo leistinų normų. Nors bendrojo azoto koncentracija viršyta, nustatyta, kad ji turi tendenciją mažėti ir todėl nedaro įtakos Nevėžio taršai. Remiantis minėtų tyrėjų analizuojamų penkerių metų duomenimis, darytina išvada, kad nuotekos 2004–2008 metais valytos gana efektyviai.

Vandens telkinių dugno nuosėdų ir vandens užterštumas – gana dažnas reiškinys Lietuvoje. Vienas efektyviausių vandens telkinių kokybės gerinimo būdų – susidariusio dumblo, kuriame ir koncentruojasi teršalai, išvalymas iš dugno. Pasak A. Smetonio (2012), tokia priemonė įgyvendinta kiekvienų metų II–IV ketvirtį ir pritaikyta Nevėžio upei Panevėžyje, dalyje tarp J. Biliūno ir Maudyklos gatvių (1 priedas.). Būtent šioje išvalytoje dalyje 2012 metais

kartą per ketvirtį atlikti A. Smetonio tyrimai. Pasirinktoje mėginio ėmimo vietoje, ties Sporto g. po pėsčiųjų tiltu, vanduo buvo semiamas tris kartus per pusvalandį ir paskui sumaišomas, tokiu būdu mažinant atsitiktinių rezultatų tikimybę. Vanduo piltas švarią vienkartinę tarą, o sunkiesiems metalams nustatyti jis konservuotas 2012 metais vandens tyrimų rezultatai, palyginti su paviršinių vandens telkinių būklės nustatymo metodikoje pateiktais vertinimo kriterijais ir Nuotekų tvarkymo reglamente nustatytais didžiausiomis leistinomis koncentracijomis paaiškėjo, kad vandenilio jonų koncentracija pH gegužės ir liepos mėnesiais buvo neutrali – silpnai pasislinkusi šarminės link, o spalį buvo jau daugiau šarminės. Šios reikšmės atitiko įprastus dydžius. Taip pat paaiškėjo, kad vandens temperatūra buvo būdinga metų laikams. Tuo tarpu savitojo elektros laidumo reikšmės, nors ir atitiko gėlam vandeniui įprastus dydžius, per pusmetį gerokai padidėjo. Biocheminis deguonies suvartojimas (BDS₇) gegužės, liepos mėnesiais atitiko vidutinės, o spalio mėnesį – geros upių klasės kriterijus pagal fizikinių ir cheminių kokybės elementų rodiklių vertes.

Nevėžio upėje A. Smetonis (2012) nustatė šiuos vandens parametrus: biocheminis deguonies suvartojimą (BDS₇), cheminis deguonies suvartojimą (CHDS), užterštumą sunkiaisiais metalais – švinu (Pb), cinku (Zn), variu (Cu), chromu (Cr), – vandens pH. Didžiausias cheminio deguonies suvartojimas buvo 2012 metų liepos mėnesį, mažiausias gegužę. Tokie rodikliai susiję su lengvai oksiduojamų organinių medžiagų padidėjimu, kurių pagrindinis šaltinis dažniausiai yra tiek buitinės, tiek paviršinės (lietaus) nuotekos (Smetonis, 2012).

Visų metalų koncentracijos neviršija nuotekų tvarkymo reglamento (Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, 2010) nustatytų leistinų koncentracijų. Išanalizavus A. Smetonio (2012) visus tyrimų duomenis ir vertinimo kriterijus, darytina išvada, kad Nevėžio upės būklė Panevėžyje yra gerėjanti, palyginti su ankstesniais metais.

2. DARBO OBJEKTAS IR METODAI

2.1. Darbo objektas

Nevėžis, viena didesnių šalies upių (penktoji pagal baseino plotą), teka vidurio Lietuvos žemuma. Nevėžio upės ilgis Panevėžyje sudaro apie 10 km. Centrinėje miesto dalyje upės ilgis yra 4,2 km. Daug metų trukęs spartus Panevėžio vystymasis sąlygojo gamtinės aplinkos technogeninę taršą, beje, ir Nevėžio upėje besikaupiančio dumblo (Juškevičius, 2006).

A. Smetonis, bendradarbiaudamas su Panevėžio miesto savivaldybe ir su UAB „Panevėžio gatvės“, rūpinasi Nevėžio upėje tekančio vandens kokybe. Nevėžio upės lietaus nuotekų išleistuvais ir juose išbėgančio vandens kokybe rūpinasi UAB „Panevėžio gatvės“. Ši bendrovė ne tik rūpinasi tvarka ir patogumu gyventi. Ji kloja miesto gatvių, įvažiavimų į kiemus, aikščių, aikštelių, skverų, kiemų, šaligatvių dangas – rūpinasi jų taisymu, prižiūri tiltus, krantines, mažosios architektūros elementus, fontanus, tvenkinius ir užtvanką, apšvietimo tinklus, paviršinių nuotekų nuotakyną, įrengia jų inžinerinius įrenginius (Panevėžio gatvės, 2010).

Panevėžyje yra 53 miesto lietaus vandens nuotakyno išleistuvai. UAB „Panevėžio gatvės“ kontroliuoja jų tik 13, t. y. didžiausius galimus Nevėžio upės taršos šaltinius.

Per miesto išleistuvus į atvirus vandens telkinius ištekančio vandens kiekis priklauso nuo kritulių kiekio, todėl UAB „Panevėžio gatvės“, siekdamas sužinoti metinį kritulių kiekį, kasmet kiekvieną ketvirtį stebi ir renka kritulių kiekio duomenis (1 lentelė).

1 lentelė

Metinis kritulių kiekis

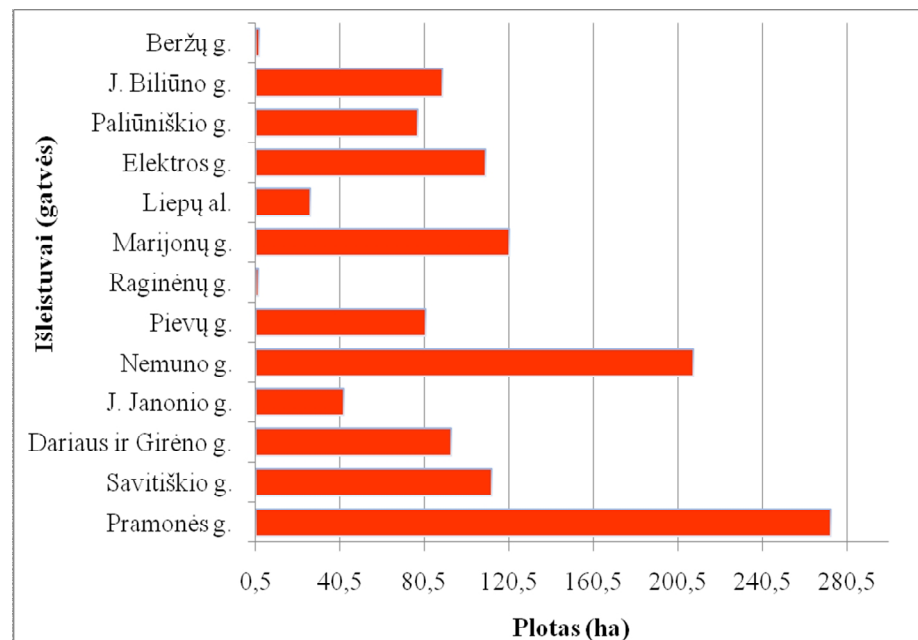
Metinis kritulių kiekis, mm	2009 m.	2010 m.	2011 m.	2012 m.	2013 m.
I ketvirtis	121,8	100,7	78,8	105	73,2
II ketvirtis	141,4	207,2	123	267,8	161,1
III ketvirtis	237,9	262	211,2	199,4	185
IV ketvirtis	215,3	151	68,2	187,5	114,3
Iš viso bendras kritulių kiekis:	716,4	720,9	481,2	759,7	533,6

Krituliai – vienas pagrindinių faktorių, susidariusių paviršinių nuotekų kiekiui, nes iškritę krituliai ant nelaidaus paviršiaus labai greitai užsiteršia dulkėmis, organinėmis medžiagomis, naftos produktais, ir tokių teršalų patektis į paviršinius vandenis gali sukelti laukinės gamtos žūtį (Marsalek, 2003; Maziliauskas ir kt., 2010). Bet iš kitos pusės, jei jie

sukrenta ant švaraus substrato, nusidrenavę į užterštą upę, ją atskiedžia švairiu vandeniu. Būtent krituliai, koncentruodami atmosferoje esančias vandenyje tirpias chemines priemaišas, grąžina jas žemės ekosistemoms (Aplinkos apsaugos agentūra, 2010).

Lyginant pastarųjų penkerių metų kritulius, pastebėta, kad daugiausia kritulių buvo 2012 metais, mažiausiai 2011 metais, bendras penkerių metų kritulių kiekis – 3 211,8 mm. Iš gautų duomenų darytina išvada, kad vidutiniškai kritulių kiekis 2009–2013 metais buvo 642,36 mm, vidutinis kritulių kiekio nuokrypis nuo vidurkio – 125,72 mm.

Visi kontroliuojami nuotekų išleistuvai apima tam tikrus plotus, iš kurių subėga nuotekos (2 pav.). Į visus kontroliuojamus išleistuvus subėga nuotekos iš 1 234,41 ha Panevėžio ploto. Didžiausias plotas, iš kurio surenkama nuotekų, yra išleistas prie Pramonės g., tai yra net 272,6 ha ploto.



2 pav. Į Nevėžio upę nukreiptų lietaus kanalizacijos nuotekų išleistuvų surenkamieji plotai. Išleistuvų išdėstymas grafike (iš viršaus į apačią) atitinka Nevėžio upės tėkmę (parengta pagal 2 metų M. Narkevičiaus (2014) pateiktus duomenis)

Antras pagal didžiausią surenkamą nuotekų plotą yra išleistas prie Nemuno g. Jis surenka lietaus kanalizacijos nuotekų iš 207,6 ha Panevėžio teritorijos. Mažiausiai nuotekų surenka du išleistuvai: esantysis prie Raginėnų g. – 1,6 ha ir esantysis prie Beržų g. – 2,2 ha. Į pastarąjį atiteka nuotekos iš rytinėje dalyje esančių gyvenamųjų namų ir pramoninių objektų teritorijų. Išleistuvai, kuriuos kontroliuoja UAB „Panevėžio gatvės“, yra Panevėžio miesto teritorijoje. Jų tiksliai buvimo vietas galima surasti pateikiamomis koordinatėmis (2 priedas).

Darbo objektas – Nevėžio upėje esantys titnagdumbliai. Jie auga ant daugumos po vandeniui esančių paviršių, tačiau jų bendrijos sudėtis skiriasi priklausomai nuo substrato (ir vandens savybių). Tirti pasirinktose vietose idealiausias tas pats substratas. Rekomenduojama (LST EN 13946, 2004) rinktis upės vagos vietas su natūraliai susidariusiais mobiliais kietais paviršiais (akmenys, rieduliai). Gilesnėse upėse, kur substratą sudaro smulkesnės nuosėdos ir smėlis ir nėra kietų substratų vandenyje, galima panardinti dirbtinį substratą. Pirmenybė teiktina dirbtiniams substratams su nevienodu paviršiumi (šiurkščios plytos), svarbu, kad jos vandenyje išbūtų ne mažiau kaip 4 savaites.

Titnagdumblių rūšinė įvairovė ir jų bioindikacinės savybės tirtos Nevėžio upėje, tekančioje per Panevėžį. Pasirinktose vietose prie nuotekų išleistuvų daugiausia į upę bėga paviršinės ir buitinės nuotekos. Upės dugne pasirinktose dalyse vienodų natūralių substratų nebuvo, todėl į 14 vietų įdėti substratai – šiurkščiu paviršiumi plytos, remiantis Europos standartu EN 13946 (2003). Plytos įdėtos taip, kad netrukdytų teisėtą upės naudotojų veiklą ir būtų išvengta vandalizmo pavojaus. Kai kuriose upės dalyse dėta papildomų substratų, numatant tai, kad jie gali prapulti dėl upės išsiliejimo ir gali pasitaikyti vandalizmo atvejų. Visur įdėtos vienodos keraminės skylėtos 250 mm x 120 mm x 88 mm plytos.

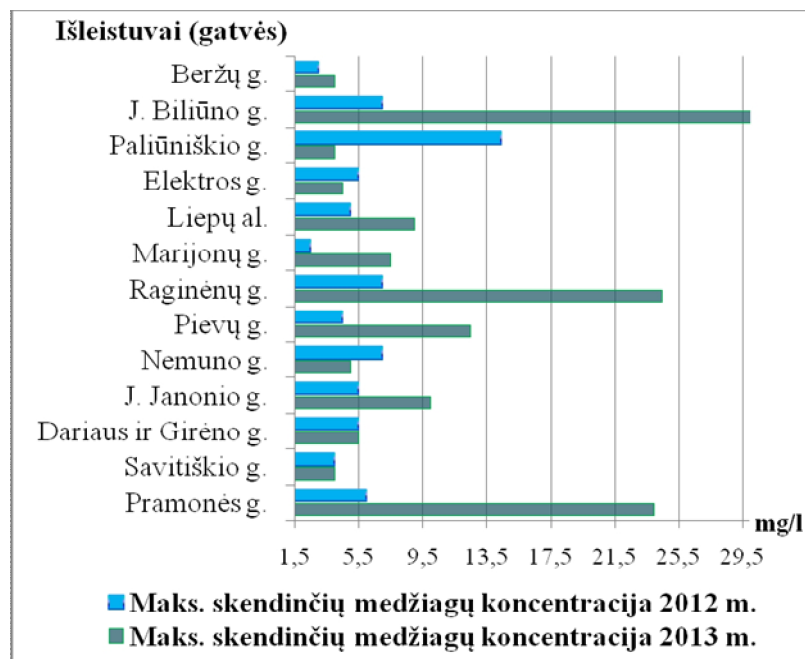
2.1.1. Nevėžio upės užterštumo fiziniai ir cheminiai rodikliai

Paviršinės nuotekos yra vienas pagrindinių upių vandenų taršos veiksnių. Pasak A. Mažeikienės, D. Rinkutės (2011), paviršinių nuotekų didžiausiais teršalais laikomi skendinčios medžiagos ir naftos produktai. Tai patvirtino G. Rudžio ir M. Rimeikos (2009) gauti tyrimų rezultatai, – didžiausia problema paviršinėse nuotekose būna skendinčios medžiagos. Reikiamos institucijos turi vykdyti nuotekų, išleidžiamų iš miesto nuotekų valymo įrenginių ir tiesiogiai išleidžiamų nuotekų monitoringą, atlikti kitus tyrimus, kad įsitikintų, ar nuotekos ir dumblas nekenkia aplinkai (91/271/EEB).

UAB „Panevėžio gatvės“ atsakingos už lietaus kanalizacijos nuotekų išleistuvų išbėgančias nuotekas ir tiria Nevėžio vandenyje iš išleistuvų išbėgančio vandens kokybę. Ši bendrovė atlieka cheminius tyrimus, stebi ir tiria esančias skendinčias medžiagas, t. y. mineralinių ir organinių medžiagų pakibusias daleles, esančias nuotekose arba vandenyje (upių, ežerų ir pan.), naftos produktų koncentraciją (3–4 pav.), kad neviršytų leistinų normų.

UAB „Panevėžio gatvės“ ataskaitos tyrimų duomenimis, skendinčių medžiagų maksimali didžiausia koncentracija 2012 metais buvo išleistuve prie Paliūniškio g. – 14,4 mg/l. 2012 metais skendinčių medžiagų koncentracija nė viename iš trylikos kontroliuojamų lietaus kanalizacijos nuotekų išleistuvų neviršytos leistinos normos. Analizuojant, lyginant 2012 ir 2013

metų skendinčių medžiagų maksimalias didžiausias koncentracijas, pastebėta, kad 2013 metais skendinčių medžiagų koncentracija padidėjo 8 išleistuvuose, sumažėjo prie Paliūniškio, Nemuno ir Elektros gatvių esančiuose išleistuvuose. Prie Savitiškio, Dariaus ir Girėno gatvių skendinčių medžiagų koncentracija per dvejus analizuojamus metus nepakito. Visi tyrimai atliekami remiantis Nuotekų tvarkymo reglamentu (Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, 2010) ir Paviršinių vandens telkinių būklės nustatymo metodika (Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, 2011).



3 pav. 2012–2013 m. skendinčių medžiagų koncentracija mg/l
(parengta pagal 2 metų M. Narkevičiaus (2013; 2014) pateiktus duomenis)

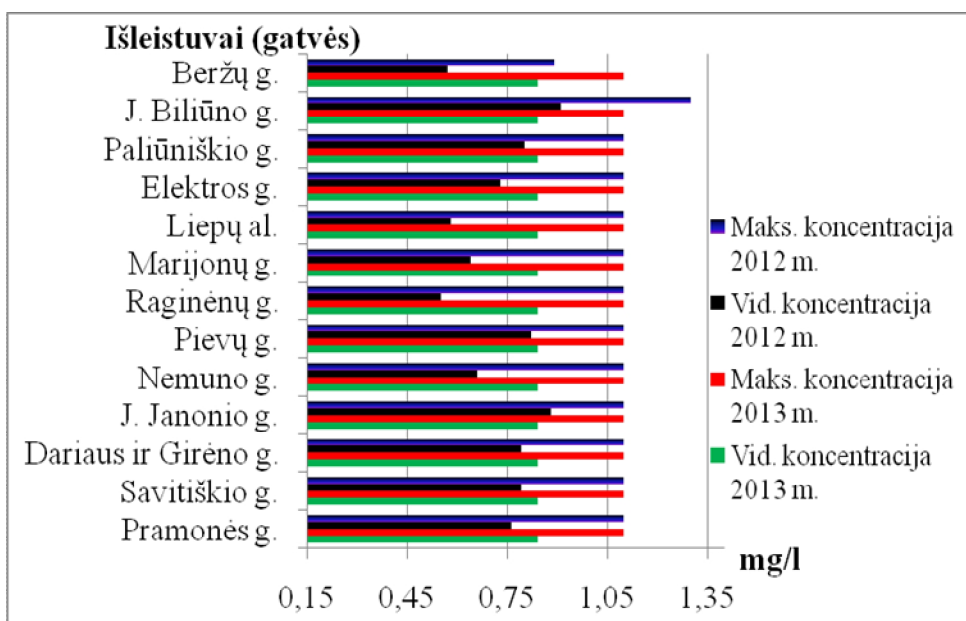
2013 metais išleistuve, esančiame prie J. Biliūno gatvės, maksimali skendinčių medžiagų koncentracija buvo 1 500 mg/l. Ši koncentracija viršijo nustatytas leistinas normas, nes skendinčių medžiagų leistina koncentracija – 30 mg/l (Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, 2010). Pasak M. Narkevičiaus (2014), 2013 metų liepos mėnesį iš šio išleistuvo pradėjo bėgti baltos spalvos panaši į skystą gruntą medžiaga. Kokia tai medžiaga ir kokia jos koncentracija, UAB „Panevėžio gatvės“ negalėjo atsakyti, nes, specialistų duomenimis, paimtų mėginių tyrimo rezultatai neatskleidė, kokia buvo jų sudėtis ir liko nežinoma, kokia medžiaga išlieta iš šio išleistuvo. Ši UAB „Panevėžio gatvių“ kontroliuojamo išleistuvo avarija greitai likviduota, užkimštas išleistas ir išvalyta vandenyje esančios baltos konsistencijos medžiaga. Avarijos metu paimtuose mėginiuose nustatyta, kad skendinčios dalelės viršija 25 kartus leistinas

normas (Narkevičius, 2014). Kadangi Nevėžio vanduo toje upės dalyje greitai išvalytas, išskirtinio poveikio ir pasekmių ši upės dalis neturėjo pajusti. Tai bus žinoma analizuojant titnagdumblių rūšinę įvairovę šioje upės dalyje.

Vienas žalingiausių teršalų yra nafta ir jos produktai, nes vandens paviršiuje susidaro plėvelė, kuri stabdo apykaitos procesus su atmosfera, sukelia drumstumo padidėjimą, invazinių tai sistemai nebūdingų organizmų rūšių atsiradimą (Balevičius ir kt., 2007) ir sukelia žūtį ne tik gyvų organizmų, bet ir užteršia vandenį valantiems mikroorganizmams.

Nevėžio upėje naftos produktų didžiausia maksimali koncentracija rasta prie J. Biliūno g. esančiame išleistuve – 1,3 mg/l, tačiau ji neviršijo leistinos normos (4 pav.).

2012 metų naftos produktų koncentracija, gautais duomenimis, visų trylikos išleistuvų išleidžiamame į Nevėžio upę vandenyje rasta vidutiniškai 0,72 mg/l.



4 pav. Naftos produktų koncentracija mg/l, 2012–2013 metų duomenimis (parengta pagal 2 metų M. Narkevičiaus (2013; 2014) pateiktus duomenis)

2013 metais naftos produktų maksimali koncentracija visuose išleistuvuose buvo 1,1 mg/l. Leistina maksimali naftos produktų koncentracijos norma yra 5 mg/l. Kaip rodo gauti tyrimai, ši norma kontroliuojamuose išleistuvuose neviršyta nei 2012, nei 2013 metais.

Nevėžio upės būklė, tyrimų duomenimis, yra gera, ir iš išleistuvų išleidžiamame vandenyje nėra teršalų, kurie viršytų leistinas normas (Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, 2010), išskyrus išleistuvą, esantį prie J. Biliūno gatvės.

2.2. Darbo metodai

Metodikos pasirinkimas. Titnagdumblių rūšinė įvairovė ir jų bioindikacinės savybės tirtos Nevėžio upėje, tekančioje per visą Panevėžį. Pasirinktose vietose prie nuotekų išleistuvų daugiausia į upę bėga paviršinės ir buitinės nuotekos. Upės dugne pasirinktose dalyse vienodų natūralių substratų nebuvo, todėl į keturiolika skirtingų upės vietų įdėti substratai – šiurkščiu paviršiumi plytos, remiantis Europos standartu EN 13946 (2003). Plytos įdėtos taip, kad netrukdytų teisėtų upės naudotojų veiklai ir būtų išvengta vandalizmo pavojaus. Kai kuriose upės dalyse dėta papildomų substratų, atsižvelgiant į tai, kad jie gali būti prarasti dėl upės išsiliejimo ir vandalizmo atvejų. Visose upės dalyse dėta vienodų keraminių skylėtų 250 mm x 120 mm x 88 mm plytų.

Titnagdumblių surinkimo metodika pasirinkta LST EN 13946 (2004), „Vandens kokybė. Vadovas upės bentosinių titnagdumblių mėginiams imti ir ruošti“. Europos Sąjungos standartas (EN 13946, 2003) rekomenduoja šiuo metodu vertinti įvairių tipų upių vandenį, nes ši metodologija pagrįsta tuo, kad visoms titnagdumblių rūšims būdingos tam tikros tolerancijos ribos ir reikalingos optimalios aplinkos sąlygos maisto medžiagų, organinės taršos ir rūgštingumo atžvilgiu.

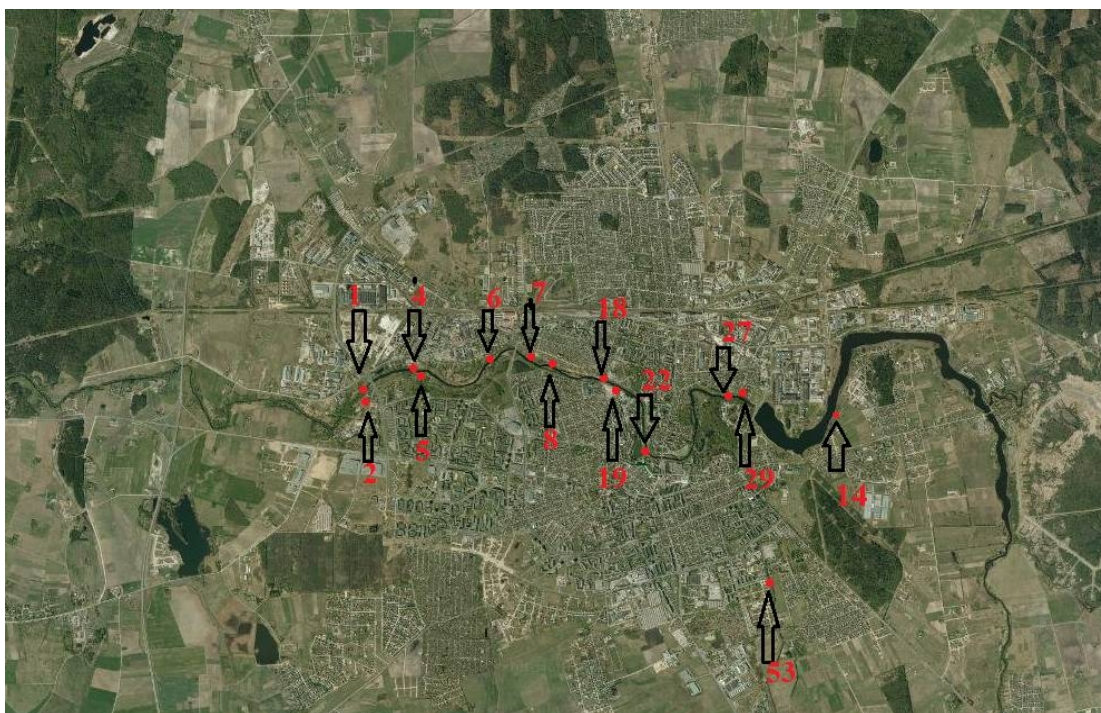
Užterštuose vandenyse randama didesnė gausa tų rūšių, kurioms optimalias sąlygas sudaro atitinkama teršalo koncentracija, ir priešingai, rūšys, kurios netoleruoja padidėjusio vieno arba daugiau teršalų lygio, ir rūšys kurios klesti esant įvairiai vandens kokybei. Apskaičiuojami vandens kokybės indeksai, remiantis taksonų santykine gausa, taikant R. Pantle ir H. Buck (1955) metodą (modifikuotu V. Sladečeko) ir remiantis Lietuvos aplinkos apsaugos normatyviniu dokumentu LAND 54-2003 „Fitoperifitono tyrimo metodika paviršiniuose vandens telkiniuose“.

Fitoperifitono tyrimo metodika paviršinio vandens telkiniuose (Land 54-2003) yra normatyvinis dokumentas parengtas remiantis šiais dokumentais: LST 1426:1996, LST EN 25667-2:2001, ST EN ISO 5667-3:2001. (ISO 5667-3:1994), LST EN ISO 3696:1996, Lietuvos HN 23:2001.

Vertinant vandens telkinio kokybę, fitoperifitonas yra vienas svarbiausių ingredientų. Fitoperifitoną sudarantys organizmai atspindi būtent tos tyrimo vietos sąlygas, nes jie nėra atnešti srovės atsitiktinai iš kitų vietų (tai atsitinka su planktonu).

Vandens kokybė nustatoma pagal fitoperifitono rūšinę sudėtį ir pagal kiekvienos rūšies pasitaikymo dažnumą.

Tyrimų vietos. Titnagdumblių mėginiai paimti iš keturiolikos vietų (5 pav.). Upės dalių vietos, kuriose imti mėginiai, pasirinktos prie kiekvieno UAB „Panevėžio gatvės“ kontroliuojamų trylikos lietaus kanalizacijos nuotekų išleistuvų ir prieš Panevėžį tekančiame Nevėžyje, siekiant ištirti, kokios kokybės vanduo atiteka į Nevėžio upę. Visos tyrimų vietos yra Panevėžyje tekančiame Nevėžyje, išskyrus upės dalį, kurios vanduo tirtas prieš Panevėžį.



5 pav. Žemėlapis su pažymėtomis mėginio ėmimo vietomis (Hnit-Baltic, 2013)

Būtent šiose žemėlapyje pažymėtose vietose prie kiekvieno nuotekų išleistuvo įdėtos plytos, nuo kurių vėliau imti mėginiai su titnagdumbliais.

Mėginių paėmimas. Tyrimams atlikti naudotos šios priemonės: standus šepetukas ir skalpelis, plastmasinis indas (maždaug 30 × 20 cm) pavyzdžiams imti. Naudoti ir sandarus indas mėginiams sudėti, ir vandeniui atsparus žymeklis. Fiksuojuant naudojamas etanolis. Mėginiai imti tris kartus, vasaros ir rudens sezonų metu – liepą, rugpjūtį ir spalį.

Prie kiekvieno išleistuvo į Nevėžio upę apšviestoje saulės vietoje dėta skylėta plyta. Po šešių savaičių šios plytos ištrauktos iš upės, paimta su vandeniu apnašos (nuosėdos), kuriuose buvo titnagdumblių. Pirmą kartą iš upės ištrauktos plytos trumpai praplautos upės vandeniu, tada sudėtos į indą užpilant apie 50 ml distiliuoto vandens. Inde substratas buvo plaunamas distiliuotu vandeniu, standžiu šepetėliu. Nuo substrato paviršiaus nuimta titnagdumblių plėvelė. Šepetėlis periodiškai skalautas inde su mėginiu, kad titnagdumbliai neprapultų. Titnagdumblių plėvelė imta skalpeliu. Nuvalytas substratas paliktas upėje iki kito mėginių rinkimo. Ant indų su

mėginiais užrašyti pagrindiniai duomenys. Mėginiai fiksuoti etanolium (70 proc.) (6 pav.). Fiksatoriaus mėginyje įpilta 1–4 proc. priklausomai nuo organinės medžiagos kiekio mėginyje.



6 pav. Fiksuoti naudotas etanolio (70 proc.) tirpalas

Mėginiai laikyti tamsioje ir vėsioje vietoje. Transportuojant mėginių indai sandariai uždaryti. Iš viso buvo paimti 48 mėginiai su titnagdumbliais tolesniems tyrimams.

Mėginių paruošimas mikroskopuoti. Visi surinkti mėginiai centrifuguoti centrifuga „Eppendorf Centrifuge 5702“ (7 pav.) titnagdumbliams nusodinti į mėgintuvėlio dugną.



7 pav. Centrifuga „Eppendorf Centrifuge 5702“

Visi mėginiai centrifuguoti po du kartus, pirmą kartą 4 minutes 2 500 apsisukimų per minutę greičiu, antrą kartą 6 minutes 2 000 apsisukimų per minutę greičiu.

Abu kartus atsargiai vienu kartu nupiltas viršuje nusistovėjęs vanduo, o nuosėdos – nusėdusieji titnagdumbliai – perpilti į mažesnius mėgintuvėlius. Mėginių tūris mėgintuvėliuose prieš centrifuguojant suvienodintas distiliuotu vandeniu. Mėgintuvėliai su titnagdumbliais paruošti kitam etapui, t. y. rūšims nustatyti ir tirti mikroskopu.

Titnagdumblių atpažinimas. Naudotas mikroskopas „Nikon Eclipse 50i“ (8 pav.), kurio didinamieji objektyvai didino 400, 630 kartų. Prieš pradėdant tyrinėti mėginius mikroskopu, ant dengiamojo stiklelio iš mėgintuvėlio užlašintas lašas paimto mėginio, kurio koncentracija praskiesta ir sumaišyta su distiliuotu vandeniu, uždėtas dengiamasis stiklelis taip, kad nesusidarytų oro burbuliukai. Tokiu būdu visi mėginiai ruošti prieš kiekvieną jų tyrinėjimą mikroskopu. Tirti naudoti 24 x 40 mm dengiamieji ir objektiniai 25 x 50 mm stikleliai, titnagdumblių dydis buvo matuotas per okuliarą su matavimo tinkleliu, padidinus iki 630 kartų, matavimo tinklelio kvadrato kraštinės ilgis – atitiko 20 μm.



8 pav. Mikroskopas „Nikon Eclipse 50i“

Mikroskopuojant atpažintas ir rastas titnagdumblis įrašytas į darbo dienyną (3 priedas). Kiekvieno mėginio tyrimas baigtas suskaičiuojant ir atpažįstant 200 titnagdumblių. Titnagdumbliams atpažinti naudotasi šiomis interneto svetainėmis: <http://www.eos.ubc.ca/>, <http://westerndiatoms.colorado.edu/>, <http://craticula.ncl.ac.uk/> ir G. Jankavičiūtės (1996) informaciniu leidiniu, skirtu vandens mikrodumbliams pažinti.

2.3. Rezultatų interpretavimas

2.3.1. Simpsono indekso (Ds) nustatymas

Simpsono indeksas, kuris vertina ne tik rūšių (taksonų) skaičių ir bendrą individų skaičių, bet taip pat ir individų skaičių kiekvienoje rūšyje (kiekviename taksonė) (Radzijeuskaja, 2013). Simpsono įvairovės indeksas rodo tikimybę, kad du atsitiktiniai iš bendrijos paimti individai priklausys tai pačiai rūšiai (Gasiūnaitė, Arbačiauskas, 2009). Simpsono indeksas skaičiuojamas pagal formulę:

$$D_s = 1 - \sum n_i(n_i - 1) / N(N - 1),$$

kur:

s – taksonų skaičius;

n_i – individų, priklausančių tam tikram taksonui, skaičius;

N – bendras individų skaičius.

Simpsono indekso Nevėžio upės dalyje paimtų mėginių Beržų g. esančio lietaus kanalizacijos nuotekų išleistuvo skaičiavimo pavyzdys pateiktas 2 lentelėje.

2 lentelė

Titnagdumblių įvairovės skaičiavimo pavyzdys

Rūšys (i)	Individų skaičius (gausumas)
1	34
2	60
3	68

$$s = 3;$$

$$N = 162.$$

$$D_s = 1 - \frac{34(33) + 60(59) + 68(67)}{162(161)} = 1 - \frac{9286}{26082} = 1 - 0,36 = 0,64$$

Pagal gautą prie Beržų g. esančio lietaus kanalizacijos nuotekų išleistuvo mėginių Simpsono indekso reikšmę ($D_s = 0,64$) nustatyta, kad rūšių įvairovė yra vidutinė. Darytina išvada, kad šioje tirtroje dalyje titnagdumblių rūšių įvairovė yra gana skirtinga, nes indekso reikšmė kinta nuo 0 (žema įvairovė) iki 1 (visi individai skirtingų rūšių).

2.3.2. Saprobiškumo indekso (S) nustatymas

Pasak A. Mažeikienės (2009), norint įvertinti vandens telkinio užterštumą, reikia žinoti, kad vandens užterštumas organinėmis medžiagomis vadinamas saprobiškumu, o organizmai, gyvenantys užterštuose vandenyse, vadinami saprobiontais.

Pasak G. Jankavičiūtės (1996), dumbliai yra saprobiškumo indikatoriai. Saprobiškumo indeksas (S) rodo kiekvienos rūšies aukščiausią saprobinį valentingumą.

Saprobiškumo indeksas apibūdina penkias saprobiškumo klases:

x – ksenosaprobiškumą, o – oligosaprobiškumą, β – beta-mesosaprobiškumą, α – alfa-mesosaprobiškumą, p – polisaprobiškumą.

Vienas metodų, naudojamų vandens kokybei nustatyti pagal fitoperifitoną, yra taikant R. Pantle ir H. Buck (1955) metodą (modifikuotu V. Sladečko) (Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, 2003). Būtent šis metodas leidžia tyrimų rezultatus išreikšti saprobiškumo indeksu (S).

Saprobiškumo indeksui (S) nustatyti reikia žinoti kiekvienos mėginyje rastos rūšies indikatorinę reikšmę ir jos aptinkamumo dažnumą tiriamajame mėginyje.

Saprobiškumo indeksas (S) skaičiuojamas pagal formulę:

$$S = \frac{\sum (s \times h)}{\sum h},$$

kur:

s – indikatorinio organizmo saprobinis valentingumas;

h – indikatorinio organizmo aptinkamumo dažnumas.

Pradedant skaičiuoti saprobiškumo indeksą, pirmiausia reikia žinoti indikatorinio organizmo saprobinį valentingumą, kiekviename mėginyje atrastos titnagdumblių rūšies ir pasitaikymo dažnį (atskirų rūšių ir saprobiškumo sistemos pakopų procentinį santykį). Indikatorinio organizmo saprobinis valentingumas nustatomas naudojant saprobinio valentingumo sąrašus (William et. al., 2001, www.wfduk.org).

Lietuvoje titnagdumblių saprobinio valentingumo pateikiamų sąrašų nėra, todėl saprobinio valentingumo indeksai naudoti remiantis kitų šalių pateiktais titnagdumblių valentingumo sąrašais. Kadangi titnagdumblių rūšių saprobinis valentingumas ne visuose sąrašuose sutapo, pasirinkimą lėmė arčiausiai esančių šalių pateikti saprobiniai valentingumai. Indikatorinio organizmo aptinkamumo dažnumo reikšmės nustatomos pagal indikatorinių rūšių aptinkamumo dažnumo skalę (Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, 2003).

Indikatorinių rūšių aptinkamumo dažnumo skalė

Rūšies aptinkamumo dažnumas	Santykinis vienos rūšies individų skaičius nuo bendro individų skaičiaus, išreikštas procentais (proc.)	Rūšies aptinkamumo dažnumas, h
Labai retai	≤1	1
Retai	2–3	2
Neretai	4–10	3
Dažnai	11–20	5
Labai dažnai	21–40	7
Masiškai	41–100	9

Turint kiekvieną saprobiškumo indeksą, pagal pateiktą formulę yra apskaičiuojamas fitoperifitono saprobiškumo indeksas (S). Pagal jį skiriamos penkios saprobiškumo zonos 4 lentelėje:

Vandens saprobiškumo zonos

Saprobiškumo zona	Saprobiškumo indekso skaitinės reikšmės
Ksenosaprobinė (x)	nuo 0 iki 0,50
Oligosaprobinė (o)	nuo 0,51 iki 1,50
Beta-mezosaprobinė (β)	nuo 1,51 iki 2,50
Alfa-mezosaprobinė (α)	nuo 2,51 iki 3,50
Polisaprobinė (p)	nuo 3,51 iki 4,00

Vandens kokybės klasė pagal fitoperifitoną nustatoma pagal 5 lentelę:

Vandens kokybės klasė

Vandens kokybės klasė	Vanduo	Saprobiškumo indeksas (S)
I	Labai švarus	<1
II	Švarus	1,10-1,50
III A	Pusiau vidutiniškai užterštas	1,51-2,00
III B	Vidutiniškai užterštas	2,01-2,50
IV	Užterštas	2,51-3,50
V	Labai užterštas	3,51-4,00
VI	Nepaprastai užterštas	>4

Skaičiuojant reikia nepamiršti, kad saprobiškumo indeksas (S) apskaičiuojamas 0,01 dalies tikslumu. Pagal mėginio saprobiškumo indeksą nustatoma vandens telkinio ar tirtos vietos saprobiškumo zona ir vandens kokybės klasė.

Saprobiškumo indekso Nevėžio upės dalyje paimto mėginio liepos mėnesį prie Pramonės g. esančio lietaus kanalizacijos nuotekų išleistuvo skaičiavimo pavyzdys pateiktas 6 lentelėje.

6 lentelė

Titnagdumblių saprobiškumo indekso (SI) skaičiavimo pavyzdys

Rūšies pavadinimas	Saprobiškumo zona	Rūšies saprobinis valentingumas, s	Rūšies sutinkamumo dažnumas, h	s × h
<i>Navicula tuscula</i>	B	2,8	1	2,8
<i>Melosira varians</i>	B	1,7	5	8,5
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	B	1,8	1	1,8
<i>Pinnularia viridis</i>	B	1,4	1	1,4
<i>Pinnularia major</i>	B	1,5	1	1,5
<i>Cocconeis placentula</i>	B	2,6	9	23,4
<i>Nitzschia vermicularis</i>	x-α	2	1	2
<i>Fragilaria virescens</i>	B	1,4	1	1,4
<i>Cymatopleura solea</i>	X	2,2	1	2,2
<i>Amphora ovalis</i>	β-α	1,7	2	3,4
<i>Stauroneis anceps</i>	B	1,2	5	6
Suma (Σ)			Σ 28	Σ 54,4

$$S = \frac{\sum (s \times h)}{\sum h} = \frac{54,4}{28} = 1,94;$$

$$S = 1,94.$$

Pagal gautą Pramonės g. esančio lietaus kanalizacijos nuotekų išleistuvo mėginio saprobiškumo indekso skaitinę reikšmę (S – 1,94) nustatyta tirtos vietos saprobiškumo zona (3 lentelė). Tirtas vandens mėginys pagal fitoperifitono organizmus priklauso Beta-mezosaprobinei (β) zonai. Tokią metodiką galima taikyti ne tik fitoperifitono, bet ir fitoplantono, zooplantono saprobiškumo indekso skaičiavimams.

3. DARBO REZULTATAI IR JŲ ANALIZĖ

Mikroskopuojant rastos 36 skirtingos titnagdumblių rūšys. Visos rastos rūšys priklauso centradumblių ir plunksnadumblių klasėms, 8 titnagdumblių šeimoms ir 17 genčių.

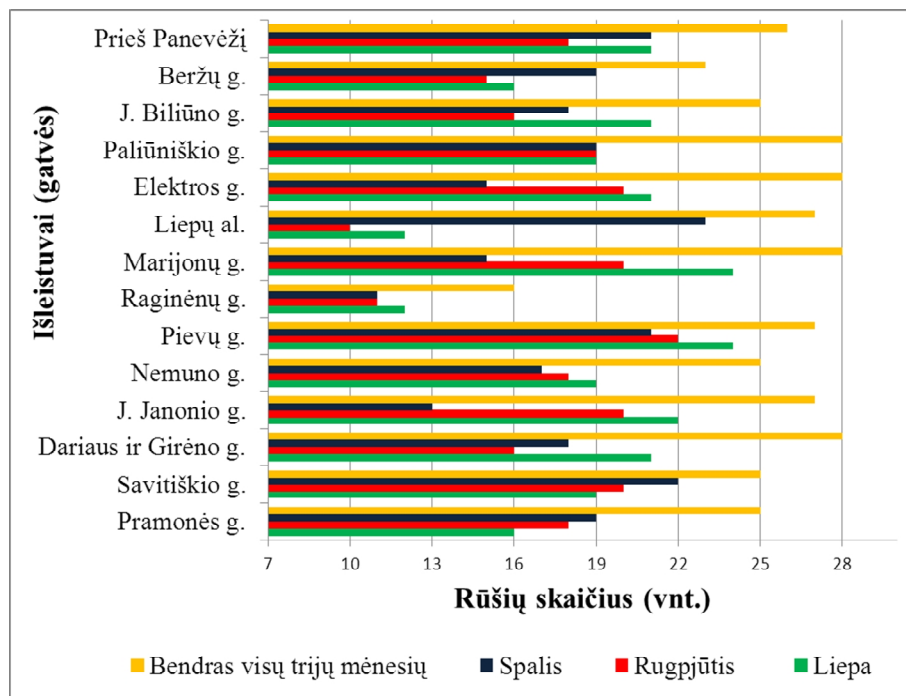
Mėginiuose rastos tik dvi centradumblių klasei priklausančios titnagdumblių rūšys. Tai *Melosira arenaria* Moore ir *Melosira varians* Agarth.

Mėginiuose rastos ir indentifikuotos šios punksnadumblių klasei priklausančios titnagdumblių rūšys: *Tabellaria fenestrata* (Lyngb.) Kutz. ir *Tabiallaria flocculosa* (Roth) Kutz., *Synedra acus* Kutz., *Synedra ulna* (Nitzsh.) Ehr., *Fragilaria virescens* Ralfs, *Navicula lacustris* Greg., *Navicula lanceolata* (Ag.) Kutz., *Navicula placentula* (Ehr.) Grun., *Navicula pusilla* W. Sm., *Navicula tuscula* (Ehr.) Grun., *Pinnularia major* (Kutz.) Cl. ir *Pinnularia viridis* (Nitzsch.) Ehr., *Gyrosigma acuminatum* (Kutz.) Rabenh., *Gyrosigma attenuatum* (Kutz.) Rabenh., *Stauroneis amceps* Ehr., *Gomphonema gracile* Ehr., *Gomphonema acuminatum* Ehr., *Gomphonema augur* Ehr., *Gomphonema truncatum* Ehr. *Cymbella cistula* (Hemp.) Grun., *Cymbella lanceolata* (Ehr.) V. H., *Cymbella prostrata* (Berk.) Cl., *Cymbella ventricosa* Kutz., *Amphora ovalis* Ehr., *Cocconeis placentula* Ehr., *Rhoicosphenia curvata* (Kutz.) Grun. ir *Rhoicosphenia abbreviata* (Kutz.) Grun., *Nitzschia sublinearis* Hust., *Nitzschia sigmoidea* (Ehr.) W. Sm., *Nitzschia vermicularis* (Kutz.) Grun., *Cymatopleura solea* (Breb.) W. Sm., *Surirella linearis* W. Sm. ir *Surirella capronii* Breb., *Rossithidium pusillum* (Grunow) Round, L. Bukht.

Mėginiai imti liepos, rugpjūčio ir spalio mėnesiais, rūšių įvairovė vasaros ir rudens mėnesiais prie visų išleistuvų skyrėsi (9 pav.). Gauti tyrimų rezultatai atskleidė, kad liepos mėnesį rūšių įvairovė buvo mažiausia – 12 rūšių, prie išleistuvo, esančio Raginėnų g., gausiausiai priskiriamos rūšies *Rhoicosphenia curvata* (Kutz.) atstovai ir *Navicula lanceolata* (Ag.) Kutz. atstovai, 12 rūšių rasta prie išleistuvo, esančio Liepų al. Jame daugiausia vyravo taip pat *Rhoicosphenia curvata* (Kutz.) bei *Rhoicosphenia abbreviata* (Kutz.) Grun. rūšies titnagdumblių. Liepos mėnesį paimtų mėginių tyrimų rezultatai atskleidė, kad daugiausia rūšių rasta prie Marijonų g. esančio išleistuvo, gausiausiai aptinkama titnagdumblių rūšis buvo *Amphora ovalis* Ehr., ir prie Pievų g. išleistuvo imto mėginio, kur dominavo *Rhoicosphenia curvata* (Kutz.) rūšis. 22 skirtingos rūšys rastos prie J. Janonio g. esančio išleistuvo, rasta dažniausiai vyraujanti rūšis *Rhoicosphenia curvata* (Kutz.). Dominuojanti rūšis *Rhoicosphenia curvata* (Kutz.) daugiausia vyrauja humusinguose vandens telkiniuose. Sutapimas tai, kad būtent prie šių išleistuvų imant mėginius justas specifinis dumblo kvapas. Jis yra juntamas tada, kai telkiniai turi mažai maisto medžiagų ir daug humininių rūgščių. Šį kvapą sukelia dėl aerobinio

irimo susidarantys H₂S arba CH₄, (Heinrich, Hergt., 2000). Šis dumblo kvapas sklinda būtent dėl povandeninio humuso.

Vienodas po 21 rūšį skaičius rastas liepos mėnesį prie Dariaus ir Girėno g. esančio išleistuvo imto mėginio. Čia gausiausiai aptinkama buvo *Cocconeis placentula* Ehr. rūšis. Prie Elektros g. esančio išleistuvo dominavo *Gomphonema acuminatum* Ehr. ir *Navicula lanceolata* (Ag.) Kutz. rūšys. Prie J. Biliūno g. išleistuvo paimto mėginio taip pat gausiausiai aptinkamos titnagdumblių rūšys *Navicula lanceolata* (Ag.) Kutz., bei *Fragilaria virescens* Ralfs. Prieš Panevėžį imto mėginio dominuojančios rūšys *Nitzschia sublinearis* Hust. ir *Cocconeis placentula* Ehr. Tai rodo, kad upės dalyse vanduo tikrai užterštas, nes būtent tos rūšys vyrauja net ir labai užterštuose vandenyse.



9 pav. Rūšių skaičius skirtingose tyrimų vietose

19 skirtingų rūšių rasta prie Savitiškio g. ir Nemuno g. esančių išleistuvų mėginių su dominuojančiais *Cocconeis placentula* Ehr. rūšies titnagdumbliais. Prie Paliūniškio g. esančio išleistuvo mėginio gausiausiai aptikta *Melosira varians* Agarth. titnagdumblių. Duominuojanti rūšis *Melosira varians* Agarth. randama vandens ne tik plantone, bet ir bentose (Jankavičiūtė, 1996), ši titnagdumblių rūšis yra viena iš pagrindinių rodiklių, kad vanduo yra vidutiniškai užterštas (Minela, Vildana, 2007). Prie Beržų g. esančio išleistuvo mėginio rasta 16 titnagdumblių rūšių. Gausiausiai aptinkama rūšis taip pat *Melosira varians* Agarth. Prie Pramonės g. išleistuvo paimto mėginio tyrimai atskleidė, kad šioje upės dalyje dominavo

Navicula tuscula Ehr. Grun. titnagdumbliai. Pasak J. Kavaliauskienės (1996), šios rūšies titnagdumbliai yra eutrofinių sąlygų indikatoriai ir gerai vystosi būtent ten, kur aptinkama dideli biogeninių medžiagų kiekiai.

Rugpjūčio mėnesį imtų mėginių tyrimų rezultatai atskleidė, kad rūšių įvairovė prie išleistuvų ne tik padidėjo ar sumažėjo, bet dažniausiai pasikeitė ir dominuojančios rūšys. Rūšių įvairovės padidėjimas labai nežymus buvo tik prie Pramonės ir Savitiškio g. esančių išleistuvų paimtų mėginių. Prie Paliūniškio g. esančio išleistuvo mėginio rūšių skaičius liko toks pat, kaip ir liepos mėnesį, o prie visų likusių išleistuvų imtų ir tirtų vandens mėginių rūšių įvairovės skaičius sumažėjo. Rugpjūčio mėnesį vyraujanti rūšis *Cocconeis placentula* Ehr. buvo prie išleistuvų, esančių Savitiškio, Marijonų, Paliūniškio, Dariaus ir Girėno, J. Bilūno gatvėse ir prieš Panevėžį imtuose ir tirtuose vandens mėginiuose. Gausiausiai aptinkama rūšis *Rhoicosphenia curvata* (Kutz.) rugpjūčio mėnesį tirtuose mėginiuose buvo prie Pievų, Raginėnų ir Beržų gatvėse esančių išleistuvų. Prie Pramonės ir J. Janonio g. esančių išleistuvų imtų mėginių dominavo *Navicula lanceolata* (Ag.) Kutz., o titnagdumblių rūšis *Amphora ovalis* Ehr. gausiausiai aptikta prie Nemuno g. esančio išleistuvo mėginio. Prie Liepos al. esančio išleistuvo mėginio dominuojanti rūšis buvo *Rhoicosphenia abbreviata* (Kutz.).

Spalio mėnesį imtų mėginių, palyginimas su rugpjūčio ir liepos mėnesiais imtų mėginių tyrimų rezultatais, pastebėta, kad rūšių įvairovė sumažėjo prie J. Janonio, Nemuno, Pievų, Marijonų, Elektros gatvėse esančių išleistuvų. Nors sumažėjo tik keliomis rūšimis, bet tai įrodo, kad taršos kiekis padidėjo ir gali dominuoti tik tos rūšys, kurios gali vystytis ir labai užterštuose vandenyse. Pabrėžtina tai, kad visus mėnesius prie Paliūniškio g. esančio išleistuvo mėginio skirtingų rūšių skaičius liko toks pat – 19 titnagdumblių rūšių. Vadinasi, šioje upės dalyje vandens kokybė yra tokia, kad leidžia vienodai būti vienodai gausioms skirtingoms rūšims. Spalio mėnesį rasta rūšis *Navicula lanceolata* (Ag.) Kutz. dominavo prie išleistuvų, esančių Savitiškio, Dariaus ir Girėno g., Paliūniškio g. ir Liepų al., rūšis *Rhoicosphenia curvata* (Kutz.) gausiausiai aptikta prie J. Janonio g., Pievų g. ir Elektros g. esančių išleistuvų mėginių.

Lyginant vasarą ir rudenį imtus mėginius, matyti, kad titnagdumblių rūšinė įvairovė yra labai skirtinga. Tyrimų rezultatai atskleidė, kad rūšių įvairovė sumažėjo prie 7 išleistuvų, bet padidėjo prie 5 kontroliuojamų lietaus nuotekų išleistuvų, kuriuose gausiausiai aptinkamos buvo *Cocconeis placentula* Ehr. ir *Navicula lanceolata* (Ag.) Kutz. titnagdumblių rūšys. Šios gausiausiai priskiriamos rūšys įrodo, kad oro temperatūros pokyčiai nežymūs ir labai palankūs vystytis, palyginti su jų rastų taksonų skaičiumi, su kitomis rūšimis.

Apskritai visais mėnesių didžiausia titnagdumblių įvairovė (28 skirtingos rūšys) rasta Nevėžio vandens mėginiuose prie Marijonų g., Dariaus ir Girėno g., Paliūniškio g. ir Elektros g.

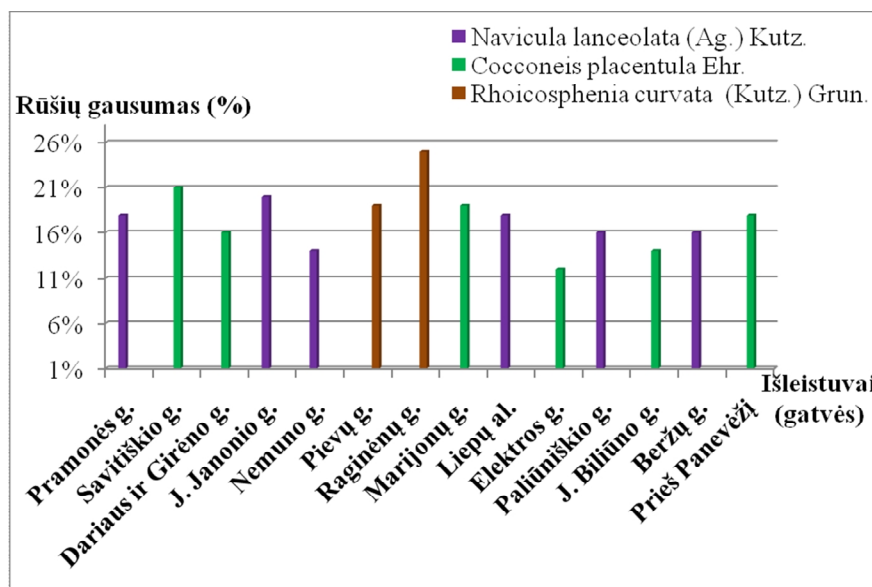
esančių išleistuvų. Pasak J. Kavaliauskienės (1996), kuo rūšinė įvairovė didesnė, tuo vandens telkinys eutrofiškesnis. Taigi pagal rūšių įvairovę teigtina, kad būtent šiose upės dalyse vanduo yra eutrofiškesnis, palyginti su kitomis tirtomis upės dalimis.

Tyrimų rezultatai atskleidė, kad prie Pievų g., J. Janonio g., Liepos al. esančių išleistuvų rasta po 27 skirtingas titnagdumblių rūšis, prieš Panevėžį imtame mėginyje rastos 26 skirtingos titnagdumblių rūšys.

Kitas pagal tekmės kryptį imtas mėginys prie Beržų g. esančio išleistuvo. Jame mėginyje rastos 23 titnagdumblių rūšys. Sekantys pagal tekmės kryptį imtas mėginys prie J. Biliūno g. esančio išleistuvo, mėginyje rastos 25 titnagdumblių rūšys. Vadinas, į Panevėžį Nevėžio upėje įtekantis vanduo nėra užterštumo rodiklis. Jis rodo, kad į Panevėžio teritoriją įtekantis vanduo nėra pagrindinis taršos šaltinis.

Mėginyje prie Beržų g. esančio išleistuvo nustatyta vienas iš mažiausiai rūšių, turintis tirtas mėginys. Šis išleistuvas apsuptas gyvenamųjų namų. Vadinas, šioje upės dalyje yra daug buitinių nuotekų, kurios ir nulėmė rūšinę įvairovę. Mažiausia rūšių įvairovė rasta prie Raginėnų g. esančio išleistuvo imtame mėginyje. Šio išleistuvo aplinkoje daugiausia yra gyvenamųjų namų. Šalia jų yra pievų, kuriose iškasti papildomi grioviai, o jais teka toje vietovėje gyvenančių žmonių leidžiamos nuotekos. Darytina išvada, kad šioje upės dalyje yra didžiausias antropogeninis poveikis. Jis ir nulėmė mažiausią titnagdumblių rūšinę įvairovę.

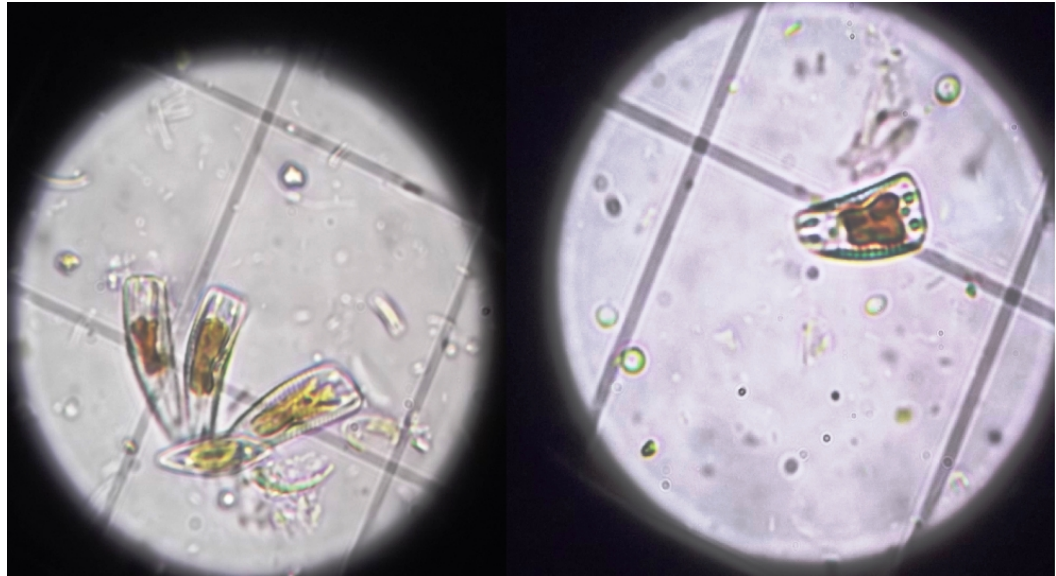
Suskaičiavus visų mėginių tyrimo metu rastus titnagdumblius, išryškėjo kelios rūšys, kurių skaičius mėginiuose didžiausias (10 pav.).



10 pav. Visais mėnesiais tirtų mėginių gausiausiai atstovaujamos rūšys

Savitiškio g. esančiame išleistuve paimtų mėginių tyrimų rezultatai rodo, kad titnagdumblių rūšis *Cocconeis placentula* Ehr. sudarė 21 proc. visų rastų titnagdumblių skaičiaus. Toks gausumas gali padaryti didelę žalą: jei bus palankios sąlygos toliau vystytis ir plisti šios rūšies titnagdumbliams, jie gali užkimšti toje upės dalyje esantį nuotekų išleistuvą.

Išanalizavus gausiausiai paplitusias rūšis matyti, kad *Rhoicosphenia curvata* (Kutz.) Grun. rasta prie Raginėnų g. (11 pav.) esančio išleistuvo sudarė ketvirtadalį visų rastų titnagdumblių skaičiaus.



11 pav. Gausiausiai priskiriama titnagdumblių rūšis *Rhoicosphenia curvata* (Kutz.)

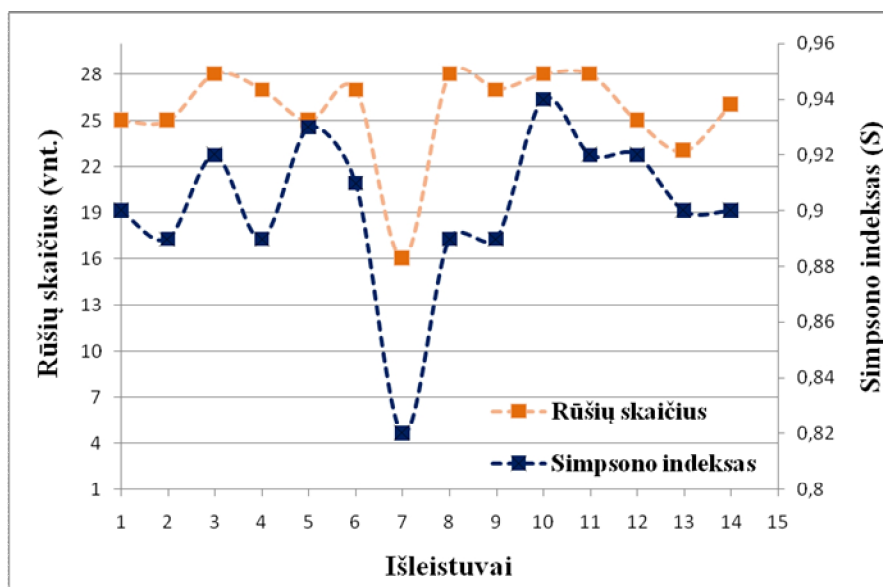
Visuose kituose mėginiuose gausiausiai paplitusios rūšys neviršijo 20 proc. visų kitų rastų titnagdumblių skaičiaus.

3.1. Titnagdumblių dominavimo indeksai

Dominavimo indeksai labiau atskleidžia pačios rūšies gausą nei rūšių gausą apskritai. Todėl vienas geriausiai žinomų rūšių dominavimo indeksų yra Simpsono indeksas (D_s), kuris remiasi prielaida, kad du individai, atsitiktinai aptikti labai didelėje bendrijoje, priklauso skirtingoms rūšims. Simpsono indeksas jautriai reaguoja į gausiausią rūšį imtyje ir beveik nejautrus rūšių gausos pasiskirstymui tiriamajame plote.

Apskaičiavus Simpsono indeksą, jis palyginamas su rūšių skaičiumi rastame visuose tirtuose mėginiuose (12 pav.). Gautais titnagdumblių įvairovės indekso rezultatais nustatyta, kad, atliekant tyrimus skirtingose Nevėžio upės vietose, išsiskyrė tyrimo vieta prie Raginėnų g. esančio išleistuvo. Čia D_s buvo pats mažiausias – 0,82. Tyrimo metu indentifikuotų rūšių

rezultatai taip pat atskleidė, kad rūšių skaičius šioje upės dalyje buvo mažiausias. Vadinasi, pasitvirtina tai, kad dėl antropogeninio poveikio šioje upės dalyje skirtingų rūšių titnagdumbliams plisti yra netinkamos kokybės vanduo, šioje dalyje gali vystytis tik tos rūšys, kurios vyrauja labiau užterštuose vandens telkiniuose.

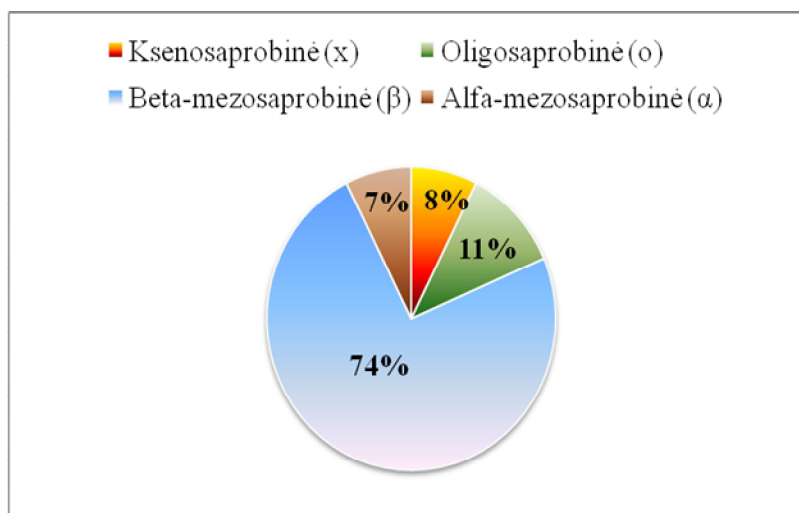


12 pav. Rūšių skaičius bendrai visuose mėginiuose ir nustatytas Simpsono indeksas pagal Nėvėžio upės tėkmę (iš dešinės į kairę)

Didžiausias 28 skirtingų rūšių titnagdumblių skaičius aptiktas prie Dariaus ir Girėno g., Marijonų g., Elektros g., Paliūniškio g. esančių išleistuvų, tačiau įvairovė titnagdumblių indekso reikšmės skiriasi. Prie Dariaus ir Girėno g. ir Paliūniškio g. mėginių Ds – 0,92, prie Marijonų g. imtų mėginių – 0,89, prie Elektros g. esančio išleistuvo imtų mėginių Ds yra didžiausias – 0,94. Kadangi indekso reikšmė yra skaičiuojama nuo nulio iki vieneto (kai yra labai maža įvairovė, indekso reikšmė būna lygi nuliui, o kai rasti titnagdumbliai yra visi skirtingų rūšių, tada indekso reikšmė būna lygi vienetui), pagal gautą reikšmę drąsiai teigtina, kad šioje upės dalyje beveik visi titnagdumbliai yra skirtingi.

Identifikavus visus rastus titnagdumblius, kaip saprobiškumo indikatorius, nustatyta, kad Nėvėžio upėje vyraujantys beta-mezosaprobai (β), kurie aptinkami vidutinio užterštumo vandens telkiniuose. Beta-mezosaprobai (β) pagal saprobiškumo zonų pasiskirstymą sudarė 74 proc. visų indentifikuotų rūšių. Taip pat buvo indentifikuoti ksenosaprobai, kurie aptinkami labai švariuose vandenyse (8 proc.), oligosaprobai, kurie aptinkami švariuose vandenyse (11 proc.) ir alfa-mezosaprobai, kurie aptinkami užterštuose vandenyse (7 proc.) (13 pav.).

Liepos mėnesį tyrimų duomenimis, vyraujantys indikatoriai prie visų išleistuvų buvo beta-mezosaprobai, tik prie J. Biliūno g. išleistuvo paimto mėginio gaususiai atstovaujanti rūšis buvo ksenosaprobai (x). Rugsjūčio ir spalio mėnesį dominuojantys indikatoriai tirtose upės dalyse buvo taip pat beta-mezosaprobai (β).



13 pav. Bendras rastų rūšių pasiskirstymas pagal saprobiškumo zonas

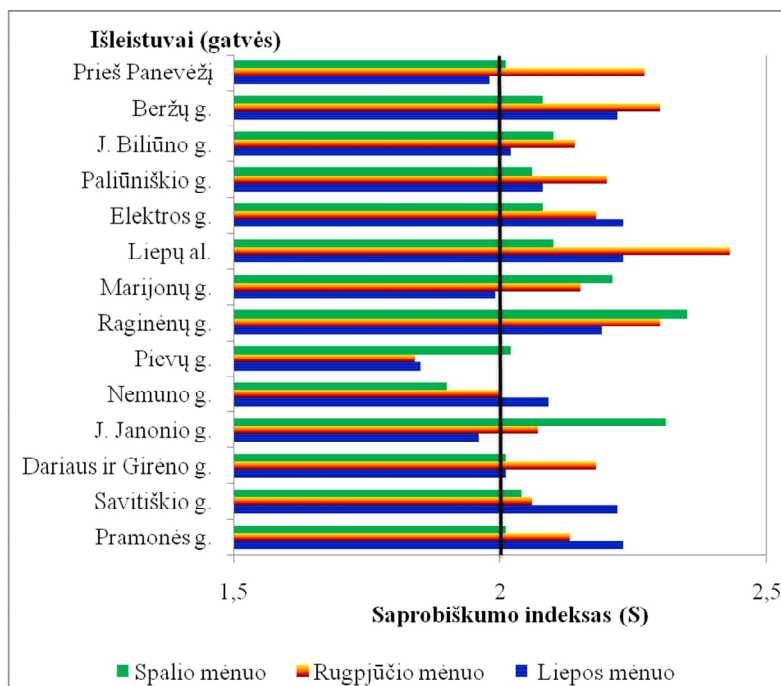
Darytina išvada, kad Nevėžio upės dalių zonoje visais mėnesiais pagrindiniai saprobiškumo indikatoriai yra beta-mezosaprobai (β), t. y. tokie organizmai, kurie gyvena vidutiniškai organinėmis medžiagomis užterštuose vandenyse (Šatkauskienė, 2011).

3.2. Saprobiškumo įvertinimas

Saprobiškumo indeksas (S) apskaičiuotas 0,01 dalies tikslumu. Iš Nevėžio upės dalyse esančių išleistuvų paimtų ir tirtų mėginių, apskaičiavus saprobiškumo indeksą, nustatyta, kad visų tirtų vietų vanduo priklauso beta-mezosaprobinei (β) saprobiškumo zonai. Pasak A. Mažeikienės (2009) beta-mezosaprobineje zonoje, kuri nustatyta šiose Nevėžio upės vandens dalyse, vandenyje organinių medžiagų kiekis daug mažesnis (BDS = 4–8 mg/l), beveik nėra lengvai oksiduojamų medžiagų, vandenyje yra daugiau ištirpusio deguonies ($[O_2] > 3$ mg/l), tik tamsiuoju paros metu jo smarkiai sumažėja, taip pat yra amoniako ir jo oksidacijos produktų – nitritų ir nitratų. Vandenyje gausu autotrofinių organizmų – įvairių dumblių.

Nevėžio upės vandens kokybė skirtingose dalyse nustatyta apskaičiuojant aptiktų rūšių saprobiškumo indeksą, kuris apibūdina tiriamo vandens saprobiškumo zoną (14 pav.). Pagal apskaičiuotas saprobiškumo indekso skaitines reikšmes liepos mėnesį didžiausias saprobiškumo indeksas nustatytas prie Pramonės g., Liepų al., ir Elektros g. esančių išleistuvų Nevėžio upėje.

Mažiausia saprobiškumo indekso skaitinė reikšmė buvo prie Pievų g. esančio išleistuvo imto vandens mėginio. Šioje dalyje tekantis vanduo yra priskiriamas IIIA – pusiau vidutiniškai užterštai vandens kokybės klasei, šiai vandens kokybės klasei pagal saprobiškumo indekso reikšmes taip pat prikiriama prie J. Janonio g., Marijonų g. esančių išleistuvų tekantis vanduo. Prieš Panevėžį tirtame mėginyje pagal saprobiškumo indekso reikšmę vandens kokybė liepos mėnesį yra priskiriama IIIA – pusiau vidutiniškai užterštai vandens kokybės klasei.



14 pav. Visų mėginių saprobiškumo indeksų skaitinės reikšmės visų trijų mėnesių tyrimų laikotarpiu (brūkšnys ties dvejetu skiria IIIA ir IIIB vandens kokybės klases)

Darytina išvada, kad į Panevėžį liepos mėnesį atitekėjo pusiau vidutiniškai užterštas vanduo. Vadinasi, taršos šaltinis buvo prie Beržų g. esančio išleistuvo (6 priedas). Todėl vandens kokybės klasė priskiriama jau IIIB – vidutiniškai užteršto vandens kokybės klasei. Liepos mėnesį vandens kokybė, vertinant pagal saprobiškumo indekso skaitines reikšmes, prie aštuonių kontroliuojamų lietaus kanalizacijos nuotekų išleistuvų priskiriama IIIB – vidutiniškai užteršto vandens kokybės klasei, o tik prie keturių vandens kokybė buvo nustatyta ir priskiriama IIIA – pusiau vidutiniškai užterštai vandens kokybės klasei.

Analizuojant rugpjūčio mėnesio saprobiškumo indekso skaitines reikšmes, matyti, kad apskaičiuotas indeksas padidėjo prieš Panevėžį imtų mėginių prie Beržų g., J. Biliūno g., Paliūniškio g., Liepų al., Marijonų g., Raginėnų g., J. Janonio ir Dariaus ir Girėno g.

kontroliuojamų lietaus kanalizacijos nuotekų išleistuvų tirtų mėginių. Visi jie pagal indekso reikšmes priskiriami IIIB – vidutiniškai užteršto vandens kokybės klasei. Prie keturių išleistuvų mėginių vandens kokybė, kuri liepos mėnesį buvo priskirta IIIA – pusiau vidutiniškai užterštai vandens kokybės klasei, liko tik prie vieno išleistuvo mėginio. Tai galėjo nulemti prieš Panevėžį rugpjūčio mėnesį imtame mėginyje padidėjusi tarša, nes būtent jame pagal saprobiškumo skaitinę reikšmę vandens kokybės klasė, kuri buvo priskirta pusiau vidutiniškai užterštai, pakito ir jau priskiriama vidutiniškai užterštos vandens kokybės klasei. Pagal saprobiškumo indeksą rugpjūčio mėnesį vandens kokybė pagerėjo prie Nemuno g. kontroliuojamo lietaus kanalizacijos nuotekų išleistuvo mėginio (liepos mėnesį buvo priskirta vidutiniškai užterštai vandens kokybės klasei), pakito ir priskiriama pusiau vidutiniškai užterštai vandens kokybės klasei.

Rugpjūčio mėnesį pagal saprobiškumo indekso skaitines reikšmes nustatyta, kad saprobiškumo indeksas, palyginti su liepos mėnesio gautais rezultatais, padidėjo prie J. Janonio g., Pievų g., Raginėnų g., ir Marijonų g. išleistuvų mėginių. Apskaičiuotos rugpjūčio mėnesio imtų mėginių saprobiškumo indekso reikšmės atskleidė, kad prie visų išleistuvų tiriamas vanduo priklauso IIIB – vidutiniškai užteršto vandens kokybės klasei. Išskyrus vienintelį išleistuvą prie Nemuno g., vanduo toje dalyje priskiriamas pusiau vidutiniškai užteršto vandens kokybės klasei. Prie Raginėnų g. esančio išleistuvo mėginio vis didėjantis saprobiškumo indeksas leidžia daryti išvadą, kad šioje dalyje esantis taršos šaltinis turėjo įtakos ir prie Pievų g. esančio išleistuvo mėginiui, nes liepos ir rugpjūčio mėnesį šio išleistuvo mėginio vandens kokybė buvo priskirta IIIA – pusiau vidutiniškai užterštai vandens kokybės klasei, o spalio mėnesį pagal saprobiškumo indekso reikšmę jau priskiriama IIIB – vidutiniškai užteršto vandens kokybės klasei.

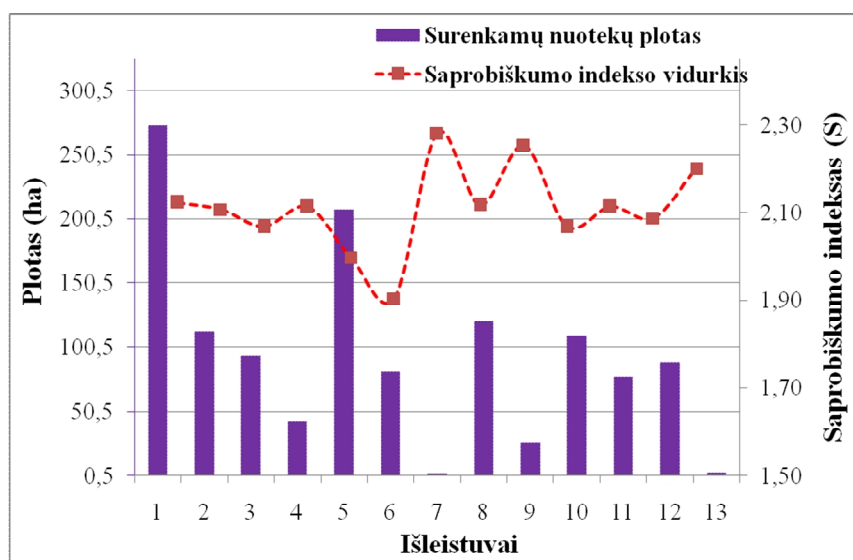
Visų trijų mėnesių mėginių vandens kokybė tirta naudojant titnagdumblius, ji priskiriama beta-mezosaprobinei (β) zonai. Tai įrodo ir patvirtina, kad tirtų Nevėžio upės vietų vandenyje nedidelė organinių medžiagų koncentracija, tokios kokybės vanduo yra tinkamas žemės ūkio kultūroms drėkinti, kai kurioms pramonės šakoms, žuvininkystei (Tumas, 2003).

Nuotekų išleistuvų surenkamų plotų ir prie išleistuvų gautų saprobiškumo indekso skaitinių reikšmių vidurkių (15 pav.) lyginimas leido patvirtinti, kad prie Raginėnų g. kontroliuojamo lietaus kanalizacijos nuotekų išleistuvo paimtų vandens mėginių saprobiškumo indekso reikšmės visų trijų mėnesių yra didžiausios, o surenkamų nuotekų plotas yra mažiausias. Vadinas, šioje dalyje vandens kokybė, palyginti su kitomis tirtomis dalimis, yra labiausiai užteršta.

Prie Raginėnų g. esančio išleistuvo pramoninių įmonių nėra, buitines nuotekas surenka daugiausia iš gyvenamųjų namų. Tačiau prie šio išleistuvo pastebėta iškastų griovių, kuriais žmonės leidžia savo papildomas nuotekas. Vadinas, būtent nuo žmonių leidžiamų papildomų

taršos šaltinių šioje dalyje vanduo ir yra teršiamas. Palyginus kitus išleistuvų surenkamų nuotekų plotus su mėginių saprobiškumo indekso reikšmėmis, bendru trijų mėnesių apskaičiuotu vidurkiu, matyti, kad prie Pramonės g. esančio išleistuvo, kuris surenka iš daugiausia 272,6 ha ploto saprobiškumo indekso, vidurkis yra 2,12. Tai toks pat vidurkis, kuris apskaičiuotas ir prie Marijonų g. esančio išleistuvo, surenkančio iš per pus mažiau teritorijos nuotekų.

Toks pat 2,11 saprobiškumo vidurkio rezultatas ir prie Savitiškio g., J. Janonio g. ir Paliūniškio g. Čia surenkami plotai labai skirtingi.



15 pav. Saprobiškumo indeksų (S) skaitinių reikšmių vidurkis su plotais (ha), iš kurių surankamos nuotekos, palyginimas

Darytina išvada, kad jei nuotekų surenkama daugiausia, tai nėra rodiklis, kad būtent prie šių išleistuvų vanduo ir bus prasčiausios kokybės ir saprobiškumo indekso reikšmės bus didžiausios.

Būtent gauti rezultatai atskleidė, kad prie Liepų al. ir Beržų g. esančių išleistuvų saprobiškumo indekso reikšmių vidurkiai, gauti vieni didžiausių. Šių išleistuvų surenkamų nuotekų plotai yra vieni mažiausių. Vadinas, jei nuotekų vienoje vietoje į upę yra išleidžiama daugiausia, tai neįrodo, kad tose upės dalyse vandens kokybė bus prasčiausia.

3.3. Rezultatų apibendrinimas

Panevėžio miesto savivaldybės duomenimis, pagal 2012 metais fizikinių ir cheminių tyrimų gautus rezultatus Nevėžio upės vanduo buvo priskiriamas geros ekologinės būklės vandens telkinio kategorijai. Tos pačios savivaldybės duomenimis, įmonė UAB „Panevėžio

gatvės“ yra įsipareigojusi prižiūrėti lietaus kanalizacijos nuotekų išleistuvus, kad pro juos išbėgančios į Nevėžio upę paviršinės ir buitinės nuotekos neviršytų leistinų normų (Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, 2010). Ši įmonė kontroliuoja 13 Panevėžyje esančių nuotekų išleistuvų. Vieni pagrindinių nuotekose susidarantių taršos faktorių yra skendinčios medžiagos ir naftos produktai.

Lyginant UAB „Panevėžio gatvės“ 2012 ir 2013 metų tyrimų duomenis, nustatyta, kad 2013 metais skendinčių dalelių koncentracija padidėjo 8 kontroliuojamuose lietaus kanalizacijos nuotekų išleistuvuose, sumažėjo 3 išleistuvuose, o prie Savitiškio, Dariaus ir Girėno gatvėse skendinčių medžiagų koncentracija liko nepakitusi.

Tyrimų duomenimis, visų metalų koncentracijos neviršija nuotekų tvarkymo reglamento (Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, 2010) nustatytų leistinų koncentracijų. Išskyrus išleistuvą, esantį prie J. Biliūno gatvės, maksimali skendinčių medžiagų koncentracija 2013 metų liepos mėnesį buvo 1500 mg/l, tuo metu iš išleistuvo išsiliejo nenustatytos koncentracijos medžiaga ir skendinčių dalelių koncentracija viršijo 25 kartus nustatytas leistinas normas. Tyrimų duomenimis, kontroliuojamuose išleistuvuose naftos produktų koncentracija neviršijo nustatytų leistinų normų nei 2012, nei 2013 metais (4 pav.)

Pasak M. Narkevičiaus (2013), išanalizavus Nevėžio upės 2012 ir 2013 metų visus fizikinius ir cheminius tyrimų rezultatus, Nevėžio upės būklė 2013 metais yra gera. Iš geros būklės apibūdinimo negalima spręsti apie užterštumo lygį. Ar tai yra švarios kokybės vanduo, ar pusiau užterštas, ar vidutiniškai užterštas, nustatyti, atliekant šį tyrimą, padėjo titnagdumblių rūšių analizė.

Remiantis prie J. Biliūno g., esančio išleistuvo liepos mėnesį viršyta 25 kartus skendinčių medžiagų koncentracija, nustatyta, kad titnagdumblių rūšių įvairovei dėl šios padidėjusios koncentracijos išskirtinės įtakos nepadarė. Vadinasi, ši medžiaga, kuri buvo išsiliejus iš išleistuvo liepos mėnesio pabaigoje, buvo ne tik laiku pastebėta UAB „Panevėžio gatvės“ darbuotojų, bet ir jų pastangomis laiku ir greitai pašalinama iš upės ir paties išleistuvo.

Prie kontroliuojamų lietaus kanalizacijos nuotekų išleistuvų ir prieš Panevėžį iš Nevėžio upės vandens paimtų ir tirtų mėginių gauti rezultatai, atliekant titnagdumblių rūšinę analizę, ir jų apskaičiuoti saprobiškumo indeksai leido nustatyti, kad pagal daugumą vyraujančių titnagdumblių Nevėžio upės vandens kokybė yra vidutiniškai užteršta ir priskiriama beta-mezosaprobinei vandens zonai. Gausiausiai aptinkami titnagdumbliai *Navicula lanceolata* (Ag.) Kutz., *Rhoicosphenia curvata* (Kutz.) ir *Cocconeis placentula* Ehr. Pagal titnagdumblių rūšinę įvairovę apskaičiuotas Simpsono indeksas (Ds), gauti rezultatai įrodo, kad tiriamas vandens prie Raginėnų g. esančio išleistuvo Ds buvo pats mažiausias – 0,82. Šios dalies tirtame vandens

mėginyje rasta mažiausiai – 16 skirtingų rūšių titnagdumblių. Tai dar vienas įrodymas, kad ši upės dalis tikrai labiausiai užteršta iš visų tirtų upės mėginių.

Prie Raginėnų g. esančio išleistuvo, kuriame surenkamos iš mažiausio ploto nuotekos, tirtu vandens mėginio saprobiškumo indekso reikšmė nustatyta didžiausia. Lyginant visas atkarpas, kuriose tirta vandens kokybė, nustatyta, kad šioje upės dalyje taršos šaltinis yra didžiausias ir vandens kokybė blogiausia. Šioje upės dalyje skendinčių medžiagų koncentracija 2013 metais buvo taip pat gerokai padidėjusi, palyginti su 2012 metais.

Palygintus 2012 ir 2013 metų duomenis, nustatyta, kad prie išleistuvo, esančio Pramonės g., skendinčių medžiagų koncentracija vandenyje buvo taip pat padidėjusi. Atsižvelgiant į tai, kad šis išleistuvas surenka iš 272,6 ha ploto nuotekų, o prie Raginėnų g. vos 1,6 ha, darytina išvada, kad nors skendinčios medžiagos ir neviršijo nustatytų leistinų normų, jų padidėjęs gausumas patvirtina, kad šios upės dalies tekančiame vandenyje yra tikrai didžiausias taršos šaltinis.

Tiriant prie Raginėnų g., esančio išleistuvo mėginius, nustatyta, kad dominuojanti titnagdumblių *Rhoicosphenia curvata* (Kutz.) Grun. Rūšis. Ji apėmė net 25 proc. visų rastų individų skaičiaus. *Rhoicosphenia* Grun. genties atstovus *Rhoicosphenia curvata* (Kutz.) Grun. ir *Rhoicosphenia abbreviata* (Kutz.) Grun. dažniausiai galima rasti oligotrofiniuose (su maža maistinių medžiagų koncentracija) ir rūgštokuose bei humusinguose vandenyse (Levkov et. al., 2010).

Didžioji dalis vandens organinių junginių yra humusinės medžiagos. Šios medžiagos dažniausiai sudaro kompleksinius junginius su geležimi. Humusinės medžiagos vandeniui suteikia gelsvai rusvą spalvą (Albrektienė, Rimeika, 2010). Vandenyje plačiai paplitusi ištirpusios ar koloidinės būsenos humusinė medžiaga, atsirandanti irstant augalinės ir gyvulinės kilmės organinei medžiagai. Vandenių humusinės medžiagos keičia fizikines charakteristikas, tokias kaip šviesos absorbcija, ir chemines charakteristikas, tokias kaip rūgštumą, bet jos taip pat sąveikauja tiesiogiai ir netiesiogiai su gyvais organizmais.

Prie kitų išleistuvų mėginių tyrimų rezultatų vyraujančios rūšys *Navicula lanceolata* (Ag.) Kutz. ir *Cocconeis placentula* Ehr., kaip biologiniai indikatoriai, atskleidė, kad tarša yra didžiausia ne dėl pramoninių įmonių, o dėl pasklidusios žemės ūkio taršos. Tai įrodo vyraujanti *Navicula lanceolata* (Ag.) Kutz., kuri mėgsta vandenyse, kuriuose gausu elektrolitų, ir yra plačiau paplitusi. Ji aptinkama ir druskinguose vandenyse. Ši rūšis dauginasi vėsesniame vandenyje.

Noga ir kt. (2013) nustatė, kad būtent *Navicula* Bory genties titnagdumbliai paplitę daugiau toje upės dalyje, kur patenka įvairūs teršalai iš tręšiamų žemės ūkio dirbamų laukų.

Titnagdumblių rūšis *Navicula lanceolata* (Ag.) Kutz yra eutrofinių sąlygų indikatorius ir gerai vystosi ten, kur aptinkami dideli biogeninių medžiagų kiekiai (Kavaliauskienė, 1996). Darytina išvada, kad prie Pramonės g., J. Janonio g., Nemuno g., Liepos al., Paliūniškio g., Beržų g. esančiuose išleistuvuose, prie kurių imti mėginiai, labiausiai dominuojanti rūšis *Navicula lanceolata* (Ag.) Kutz įrodo, kad taršos šaltiniai šiose upės vandens dalyse yra ne tik gausūs elektrolitų, bet jose yra padidėjusi ir organinių medžiagų tarša iš gyvenamųjų namų nuotekų, pasklidusi tarša iš tręšiamų ir dirbamų laukų.

Gausiausiai aptikta gentis *Cocconeis* Ehr. yra viena iš titnagdumblių genčių, kurie gyvena ant akmenų ir kitų kietų substratų judančiame vandenyje (Holt et. al., 2013). *Cocconeis placentula* Ehr. rūšis leidžia manyti, kad yra pagrindinių maistinių medžiagų ir druskingumo problemų (Walsh, Wepener, 2006). *Cocconeis placentula* Ehr. rasta net labai užterštose vietovėse. Ji rasta deguonies prisotintose ir maistingose vietovėse, ji toleruoja atitinkamai vidutiniškai užterštas vietas, jei prisotintas deguonies lygis būna aukštas. Tos gentys klasifikuojamos kaip jautrios, bet gali gyventi daug prastesnėmis sąlygomis, jei deguonies kiekis yra pakankamas (Michels, 1998). Skirtumas tarp šių dviejų rastų dominuojančių titnagdumblių genčių yra ir tai, kad *Navicula Bory* išlieka judrios ir gyvena ant nuosėdų, o *Cocconeis* Ehr. genties titnagdumbliai tvirtai prisitvirtinę prie substratų (Martin, Fernandez, 2012).

Pagal rastų rūšių dominavimą teigtina, kad tirtose Nevėžio upės dalyse vanduo yra teršiamas būtent nuotekomis, turinčiomis kenksmingų išmetalų, kurie yra išleidžiami iš gyvenamųjų namų kvartalų su lengvai oksiduojamų organinių medžiagų padidėjimu, kurių pagrindinis šaltinis, dažniausiai yra buitinės nuotekos. Kenksmingiems išmetalams yra priskiriami sunkiųjų metalų junginiai, biologiškai skaidomos medžiagos, bei druskos (Heinrich, Hergt, 2000).

Apibendrinat visus 2013 metais atliktus tyrimus, darytina išvada, kad pagal fizikinius ir cheminius rodiklius prie Nevėžio upėje esančių kontroliuojamų lietaus kanalizacijos nuotekų išleistuvų vandens kokybė yra geros būklės ir neviršija nustatytų leistinų normų, išskyrus kontroliuojamą lietaus kanalizacijos nuotekų išleistuvą, esantį prie J. Biliūno g.

Identifikavus 30 titnagdumblių rūšių, buvo nustatyta, kad 74 proc. visų rūšių buvo beta-mezosaprobai (β). Lyginant 2012 metų fizikinių ir cheminių tyrimų, 2013 metų skendinčių medžiagų ir naftos produktų koncentracijų tyrimo rezultatus ir titnagdumblių, kaip vandens kokybės saprobiškumo indikatorių, panaudojimą, darytina išvada, kad pagal skendinčių medžiagų ir naftos produktų koncentraciją prie kontroliuojamų lietaus kanalizacijos nuotekų išleistuvų vandens kokybė yra gera.

Pagal biologinius paviršinio vandens nustatymo metodus tiriamųjų upės dalių, panaudojant titnagdumblų rūšinę įvairovę ir saprobiškumo indeksus, gauti rezultatai atskleidė, kad prie kontroliuojamų lietaus kanalizacijos nuotekų išleistuvų vanduo yra vidutiniškai užterštas ir priklauso beta-mezosaprobinei zonai (IIIB kokybės klasei), kuriai būdingi vandens telkiniai ar jų dalys, beveik neturintys nepatvarių organinių junginių, nes jie išskaidyti į mineralinius junginius.

Šiuo tyrimu dar kartą parodyta, kad biologiniai tyrimo metodai, kuriuose titnagdumbliai naudojami kaip saprobiškumo indikatoriai, lyginant su fizikinių ir cheminių tyrimų duomenimis, yra geresni tuo, kad rezultatai gaunami daug išsamesni ir informatyvesni, aiškiau parodo poveikį gamtinei aplinkai (užterštas vanduo netinka kai kurioms rūšims, todėl jos išnyksta). Nors biologiniams tyrimams atlikti reikia daug daugiau laiko ir įdėti daug daugiau darbo, bet jie yra pigesni negu daugelis fizikinių ir cheminių tyrimo metodų.

Gautus vandens kokybės indikatorių, naudojant titnagdumblis, tyrimo rezultatus galėta palyginti tik su UAB „Panevėžio gatvės“ atstovo M. Narkevičiaus (2014) pateiktais duomenimis. Platesnių ir detalesnių pateiktų fizikinių ir cheminių, hidromorfologinių ir biologinių kokybės elementų rodiklių, su kuriais būtų galima lyginti Nevėžio upės vandens kokybę Panevėžio teritorijoje, 2013 metais nėra.

Smetonio (2012 m.) Nevėžio taršos tyrimų duomenimis, fizikiniai ir cheminiai tyrimai atliekami kartą per ketvirtį. Norint prisidėti prie Nevėžio upės vandens kokybės valdymo reikia atlikti dažnesnius fizikinius, cheminius ir biologinius tyrimus, kurie prisidėtų prie vandens kokybės pokyčių stebėjimo. Būtent stebėjimas yra vienas iš veiksnių, kuris padeda vandens telkinius apsaugoti nuo vis didėjančio antropogeninio poveikio, kuris pažeidžia gamtinių procesų pusiausvyrą.

Kiekvieną ketvirtį imant po 13 mėginių skirtingose Nevėžio upės vietose – prie visų kontroliuojamų lietaus kanalizacijos nuotekų išleistuvų, padėtų stebėti visos Panevėžio mieste tekančios upės užterštumą pagrindiniais cheminiais teršalais. Tokių tyrimų rezultatų dėka būtų galimybė žinoti kuriose dalyse vandens kokybė labiausiai kinta nuo į vandens telkinius patenkančių teršalų kiekių ir leistų tiksliau nustatyti taršos šaltinius.

Atsižvelgiant į tai, kad kituose miestuose į monitoringą yra įtraukiamos vienos upės dalys nesiekia dešimties vietų (Aplinkos apsaugos agentūra, 2012), įtraukti į monitoringą tryliką – prie UAB „Panevėžio gatvės“ kontroliuojamų lietaus kanalizacijos nuotekų išleistuvų Nevėžio upės dalis, šiuo metu tiesiog neįmanoma.

Racionaliausia būtų įtraukti į monitoringą tris Nevėžio upės atkarpas – prie Liepų al., Beržų g. ir Raginėnų g. esančių išleistuvų, kur naudojant titnagdumblis, nustatyti saprobiškumo

indekso reikšmių vidurkiai, gauti vieni didžiausių. Toks optimalus vietų skaičius, padėtų ir toliau stebėti upės vandens kokybę.

Minėtų trijų Nevėžio upės atkarpų fizikiniai ir cheminiai kokybės elementų rodiklių matavimai papildyti fitobentosos titnagdumblių rūšinės įvairovės nustatymo metodais turėtų būti įtraukti į monitoringą. Valstybinės aplinkos monitoringo 2011–2017 metų programos įgyvendinimo priemonių plane įtrauktos arčiausiai Panevėžio miesto esančios Nevėžio upės dalys žemiau Velžio, žemiau Krekenavos ir ties Raguva. Aplinkos apsaugos agentūros duomenimis, į upių monitoringą 2014 metais Panevėžio mieste tekančio Nevėžio upės dalys vis dar neįtrauktos. Norint kokybiškai įvertinti ir stebėti Nevėžio upės ekologinę būklę, reiktų ir toliau tirti biologinius kokybės elementų rodiklius, naudojant fitobentose esančius titnagdumblius.

Prie didžiausio Nevėžio upės vandens taršos grėsmės šaltinio Raginėnų g. esančio išleistuvo papildomų griovių su nuotekomis negali būti, nes išleistos organinės kilmės nuotekos suteikia galimybę masiškai vystyti dumbliams ir jie tampa biologinio užterštumo faktoriumi, sukeliančiu vadinamąjį vandens žydėjimą – antrinį vandens užterštumą. Kadangi šio išleistuvo aplinkoje pramoninių įmonių nėra, o tik gyvenamieji namai, tai aplinkosaugininkai turėtų labiau skirti dėmesio iš privačių namų – iškastais papildomais grioviais išleidžiamų nuotekų kontrolei.

Aplinkosaugininkams atlikus gyventojų apklausą, būtų galimybė nustatyti kokios priežastys lėmė jų aplinkoje iškasti papildomus griovius su leidžiamomis nuotekomis, ir kodėl niekas jų nesusitvarko. Tai padėtų nuspręsti ar dėl nepakankamų lėšų ar tiesiog dėl žinių trūkumo gyventojai nesusitvarko su leidžiamomis savo aplinkoje nuotekomis, kurių sklindantis kvapas vietiniams asmenims sukelia diskomfortą. Ir svarbiausia, šios žinios leis suplanuoti ir imtis veiksmingiausių darbų šalinant šiuos iškastus griovius, kuriais leidžiamos nuotekos.

Už nuotekų leidimą į aplinką, kuris neatitinka leistinių normatyvinių reikalavimų arba kitų nuotekų išleidimo į aplinką reikalavimų (LR Aplinkos ministerija, 2010) visiems piliečiams pagal Lietuvos Respublikos ATPK (Administracinių teisės pažeidimų kodekso) 51-6 straipsnį gresia baudos nuo keturių šimtų iki dviejų tūkstančių litų (LR seimas, 2013). Informuojant bendruomenės pirmininką apie susidariusią situaciją ir apie gresiančias baudas, gyventojus pastūmėtų griovius – iš kurių leidžiamos nuotekos, tvarkytis patiems.

Dėl galimo lėšų trūkumo piliečiai gali kreiptis į miesto savivaldybę. Taip pat gyventojai turi galimybę pateikti prašymą su projekto įdėja, LR Finansų Ministerijai dėl papildomų valymo įrenginių, kuriuos yra galimybė finansuoti Europos Sąjungos struktūrinių fondų lėšomis (LR Finansų ministerija, 2011).

IŠVADOS

1. Situacijos analizė atskleidė, kad siekiant nustatyti miesto įtaką Nevėžio upės vandens kokybei, mėginius titnagdumblių analizei racionaliausia imti tris kartus, kas šešias savaites liepos, rugpjūčio ir spalio mėnesiais, upės dalyse tarp UAB „Panevėžio gatvės“ kontroliuojamų trylikos lietaus kanalizacijos nuotekų išleistuvų ir upės dalyje prieš Panevėžio miestą.
2. Iš 48 paimtų mėginių laboratorijoje mikroskopuojant identifikuotos 36 titnagdumblių rūšys, priklausančios 8 titnagdumblių šeimoms ir 17 genčių. Beveik visuose mėginiuose rasta *Melosira varians* Ag. (0,6–14,2 proc.), *Stauroneis anceps* Ehr. (1,3–10,9 proc.), *Amphora ovalis* Ehr. (0,6–9,4 proc.), *Rhoicosphenia abbreviata* (Kutz.) Grun. (2,1–9,3 proc.) rūšių titnagdumblių, gausiausiai atstovaujamos rūšys prie išleistuvų mėginiuose buvo *Rhoicosphenia curvata* (Kutz.) Grun. (19,0–24,6 proc.), *Cocconeis placentula* Ehr. (11,6–21,1 proc.), *Navicula lanceolata* (Ag.) Kutz. (13,8–19,9 proc.).
3. 2013 metais liepos, rugpjūčio ir spalio mėnesiais imtuose mėginiuose rasta didžiausia rūšių įvairovė – po 28 titnagdumblių rūšis mėginiuose prie Dariaus ir Girėno g., Marijonų g., Elektros g. ir Paliūniškio g. esančių išleistuvų. Nustatyti imtų mėginių rūšių dominavimo indeksai: didžiausias už Elektros g. esančio išleistuvo $D_s=0,94$, mažiausias prie Raginėnų g. esančio išleistuvo – $D_s=0,82$.
4. Vertinant Nevėžio vandens kokybę ties Panevėžio miestu pagal saprobiškumo indekso skaitines reikšmes, nustatyta, kad 2013 metais visose tyrimo vietose vanduo priklausė beta-mezosaprobinei (β) zonai ir yra vertintinas kaip vidutiniškai užterštas.
5. 2013 metais UAB „Panevėžio gatvės“ atlikti fizikiniai ir cheminiai tyrimų rezultatai rodo, kad skendinčių medžiagų koncentracija upės dalyje prie J. Biliūno g. esančio išleistuvo liepos mėnesį dėl išsiliejusios nežinomos kilmės medžiagos viršijo nustatytas leistinas normas 25 kartus. Atlikti fitobentosą, reprezentuojančių titnagdumblių tyrimų rezultatai įrodo, kad toje upės vietoje rūšių įvairovės skaičius nesiskiria, palyginti su kitomis upės dalimis.
6. Didžiausias taršos grėsmės šaltinis nustatytas prie Raginėnų g. esančio lietaus kanalizacijos nuotekų išleistuvo. Gauti fizikiniai ir cheminiai tyrimų rezultatai įrodo, kad skendinčių medžiagų koncentracija 2013 metais prie šio išleistuvo upės vandenyje gerokai padidėjo, rastas indentifikuotų titnagdumblių rūšių skaičius mažiausias – 16, nustatytas Simpsono indeksas mažiausias – 0,82, nustatytas visų trijų mėnesių saprobiškumo indekso reikšmių vidurkis didžiausias, palyginti su kitais mėginiais.

REKOMENDACIJOS

Norint pagerinti Nevėžio vandens kokybės valdymą reikia turėti savalaikę informaciją apie upės taršą ir jos šaltinius. Rekomenduojama, kiekvieną ketvirtį imti po tris mėginius skirtingose Nevėžio upės vietose – prie labiausiai vandenį teršiančių kontroliuojamų lietaus kanalizacijos nuotekų išleistuvių, esančių prie Liepų al., Beržų g. ir Raginėnų g. Čia tikslingiausia kartu su titnagdumblių tyrimais atlikti fizikinius ir cheminius, kurie papildytų titnagdumblių analizės būdu gautus ir dabar turimus duomenis apie Nevėžio upės vandens kokybę. Tai padėtų lengviau kontroliuoti pagrindinius upės taršos šaltinius.

Prie didžiausio Nevėžio upės vandens taršos grėsmės šaltinio – Raginėnų g. esančio išleistuvo iškastus griovius, reikia likviduoti – užpilti žemėmis ir užlyginti. Sprendimą dėl šios problemos šalinimo turėtų priimti Panevėžio miesto savivaldybė kartu su Lietuvos Respublikos aplinkos ministerijos Panevėžio regiono aplinkos apsaugos departamentu, atsižvelgiant į 2013 metais šioje Nevėžio upės dalyje prie Raginėnų g. esančio išleistuvo gautus fizikinius ir cheminius, o ypač biologinius kokybės elementų rodiklius: titnagdumblių rūšinės įvairovės ir saprobiškumo indeksus, skendinčių medžiagų koncentracijos didėjimą pastaraisiais metais.

Aušra Budrytė
Titnagdumblių, kaip vandens kokybės bioindikatorių, analizė Nevėžio upėje

SANTRAUKA

Magistro darbe iškeltas tikslas – atlikus titnagdumblių analizę, įvertinti vandens kokybę Nevėžio upėje, identifikavus pagrindinius taršos ir grėsmės vandens kokybei šaltinius skirtingose upės dalyse, pateikti rekomendacijų situacijai gerinti.

Tiksliui pasiekti iškelti darbo uždaviniai: argumentuotai pasirinkti upės tyrimo metodiką; laboratorijoje iširti ir nustatyti titnagdumblių rūšinę sudėtį ir santykinę gausumą; pagal tyrimų rezultatus įvertinti Nevėžio vandens kokybę skirtingose upės dalyse ir pateikti rekomendacijų vandens kokybei Nevėžio upėje valdyti.

Tyrimai atlikti 2013 metais, mėginiai imti liepos, rugpjūčio ir spalio mėnesiais. Kaip dirbtiniai substratai naudotos skylėtos plytos šiurkščiu paviršiumi, mėginiams fiksuoti naudotas etanolis (70 proc.), nusodinti – centrifuga „Eppendorf Centrifuge 5702“, mikroskopuota 600 kartų didinančiu mikroskopu „Nikon Eclipse 50i“. Titnagdumblių surinkimo metodika pasirinkta pagal LST EN 13946 (2004), vandens kokybė nustatyta pagal fitoperifitono rūšinę sudėtį ir kiekvienos rūšies pasitaikymo dažnumą mėginiuose, vandens kokybės indeksai nustatyti remiantis taksonų santykinę gausa, taikant R. Pantle ir H. Buck (1955) metodą.

Paimti 48 mėginiai, kuriuose identifikuotos 36 titnagdumblių rūšys, priklausančios 8 titnagdumblių šeimoms ir 17 genčių. Beveik visuose mėginiuose rasta *Melosira varians* Ag. (0,6–14,2 proc.), *Stauroneis anceps* Ehr. (1,3–10,9 proc.), *Amphora ovalis* Ehr. (0,6–9,4 proc.), *Rhoicosphenia abbreviata* (Kutz.) Grun. (2,1–9,3 proc.) rūšių titnagdumblių, gausiausiai atstovaujamos rūšys prie išleistuvų mėginiuose buvo *Rhoicosphenia curvata* (Kutz.) Grun. (19,0–24,6 proc.), *Cocconeis placentula* Ehr. (11,6–21,1 proc.), *Navicula lanceolata* (Ag.) Kutz. (13,8–19,9 proc.).

Vertinant Nevėžio vandens kokybę ties Panevėžiu pagal saprobiškumo indekso skaitines reikšmes, nustatyta, kad 2013 metais visose tyrimo vietose vanduo priklausė beta-mezosaprobinei (β) zonai ir yra vertintinas kaip vidutiniškai užterštas.

Siūloma prie didžiausio Nevėžio upės vandens taršos grėsmės šaltinio Raginėnų g. esančio išleistuvo iškastus griovius užpilti žemėmis ir užlyginti.

Aušra Budrytė
Analysis of Diatoms as Water Quality Bioindicators in Nevėžis River

SUMMARY

The objective set in the Master's Thesis is to evaluate the quality of water in the Nevėžis River after conducting the analysis of diatoms and to provide recommendations for the improvement of the situation after identifying the main contamination sources and threats to water quality in different river sections.

In order to attain the objective the following tasks were set: to select a substantiated river study method; to analyse and determine the species composition of diatoms and their relative density in the laboratory environment; to evaluate the quality of water in different sections of the Nevėžis River and to propose recommendations for the management of water quality in the Nevėžis River.

The research was performed in 2013 and the samples were taken in July, August and October. Bricks with holes and rough surfaces were used as artificial substrata; ethanol (70%) was used for sample fixation and centrifuge "Eppendorf Centrifuge 5702" was used for sample precipitation; samples were studied at 600 magnification using "Nikon Eclipse 50i" microscope. The methodology for diatom sample taking was selected based on LST EN 13946 (2004), water quality was determined according to: phytoplankton species composition and the frequency of the incidence of every species in samples as well as water quality indices were determined based on relative taxon density by applying the R. Pantle and H. Buck's (1955) method.

48 samples were taken in which 36 diatom species were identified, which were belonged to 8 diatom families and 17 genera. Almost all samples contained *Melosira varians* Ag. (0.6–14.2%), *Stauroneis anceps* Ehr. (1.3–10.9%), *Amphora ovalis* Ehr. (0.6–9.4%) and *Rhoicosphenia abbreviata* (Kutz.) Grun. (2.1–9.3%) species of diatoms. The most abundantly represented species in the samples taken at release units were *Rhoicosphenia curvata* (Kutz.) Grun. (19.0–24.6%), *Cocconeis placentula* Ehr. (11.6–21.1%) and *Navicula lanceolata* (Ag.) Kutz. (13.8–19.9%).

When evaluating the quality of water in the Nevėžis River nearby Panevėžys according to the numerical values of the saprobity index it was established that in the year 2013 in all sections under research water was ascribed to beta-mesosaprobic (β) zone and is to be evaluated as moderately contaminated.

It is suggested to fill the trenches dug at the source of the greatest threat of the Nevėžis River contamination, i. e. release unit on Raginėnų st., and to level them out.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Agintas A., Valentukevičienė M., 2009. *Adsorbentų, naudojamų paviršinėms nuotekoms valyti, apžvalga*. Vilniaus Gedimino technikos universitetas: Mokslas – Lietuvos ateitis. 1 tomas, Nr. 1.
2. Albrektienė R., Rimeika M., 2010. *Organinių medžiagų ir spalvos nustatymo metodai vandenyje*. Vilniaus Gedimino technikos universitetas: Mokslas – Lietuvos ateitis. 2 tomas, Nr. 5.
3. Aplinkos apsaugos agentūra, 2010. *Taršos šaltiniai ir apkrovos pagrindinių priemonių poveikio vertinimas rizikos vandens telkiniai*. [žiūrėta 2013 m. kovo 24 d.]. <http://vanduo.gamta.lt/files/Tarsos%20saltiniai%20ir%20apkrovos.pdf>.
4. Aplinkos apsaugos agentūra, 2011. *Valstybinis Baltijos jūros, tarpinių vandenų, upių, ežerų, tvenkinių monitoringas*. [žiūrėta 2014 m. kovo 24 d.]. <http://vanduo.gamta.lt/cms/index?rubricId=0f8ac70e-0da9-45a0-a0cb-3eb31b374bc0>.
5. Aplinkos apsaugos agentūra, 2012. *Valstybinio upių monitoringo duomenys*. [žiūrėta 2014 m. balandžio 14 d.]. <http://vanduo.gamta.lt/cms/index?rubricId=9648a12b-93c8-45c5-bece-a81b93fce0fb>.
6. Balevičius A., Bukantis A., Bukelskis E., Ignatavičius G., Kutorga E., Mierauskas P., Rimkus E., Rukšėnienė J., Sinkevičius S., Stankūnavičius G., Valiuškevičius G., Zemlys P., Žaromskis R. P., 2007. *Globali aplinkos kaita*. Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla.
7. Bubinas A., Bukelskis E., 1998. *Gėlavandenių hidroceozijų struktūra ir jų tyrimo metodai*. Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla.
8. Department of Earth, Ocean and Atmospheric Sciences. [žiūrėta 2014-01-25]. <http://www.eos.ubc.ca/>.
9. Diatom identification guide & ecological resource. 2013. *Diatoms of the United States*. [žiūrėta 2014-01-24]. <http://westerndiatoms.colorado.edu>.
10. European Diatom Database – Newcastle University. [žiūrėta 2014-01-24]. <http://craticula.ncl.ac.uk/>.
11. Europos Parlamentas, 1991. Miesto nuotekų valymo direktyva (91/271/EEB). [žiūrėta 2013-10-25] http://www.europarl.europa.eu/aboutparliament/lt/displayFtu.html?ftuId=FTU_5.4.5.html.
12. Europos Parlamentas ir Taryba, 2000. Direktyva 2000/60/EB nustatanti Bendrijos veiksmų vandens politikos srityje pagrindus. [žiūrėta 2013-10-25] <http://www.am.lt/VI/files/0.325904001228308909.pdf>.

13. European Standart, 2003. *Water quality – Guidance standart for the routine sampling and pretreatment of benthic diatoms from rivers EN 13946*. Brussel.
14. Galinis V., 1979. *Žemesniųjų augalų sistematika*. Vilnius: leidykla mokslas.
15. Gasiūnaitė R. Z., Arbačiauskas K., 2009. *Zooplanktono tyrimų pagrindai*. Klaipėda: Klaipėdos universiteto leidykla.
16. Gudas M., 2010. *Systematic approach in water quality assessment of Lithuanian rivers in the context of physical, chemical and hydrobiological parameters*. Kaunas. [žiūrėta: 2013 m. kovo 25 d.]. http://vddb.laba.lt/fedora/get/LT-eLABa-0001:E.02~2010~D_20110902_144002-20766/DS.005.1.01.ETD.
17. Heinrick D., Hergt M., 2000. *Ekologijos atlasas*. Vilnius: Alma littera leidykla.
18. Hnit-Baltic, 2013. [žiūrėta 2013-10-25]. <http://www.maps.lt/map/>.
19. Holt J., Iudica C., 2013. *Diversity of Life*. [žiūrėta 2014-04-02]. <http://comenius.susqu.edu/biol/202/chromalveolata/heterokontae/bacillariophyta/default.htm>.
20. Jankavičiūtė G., 1996. *Lietuvos vandenų vyraujantys dumbliai*. Vilnius: Mokslo ir enciklopedijų leidykla.
21. Juškevičius P., 2006. *Nevėžio upės rekreacijos Panevėžio miesto ribose schemas (specialiojo plano) parengimas, SS 06-004-SPL*. Vilnius.
22. Kabailienė M., 2006. *Gamtinės aplinkos raida Lietuvoje per 14 000 metų*. Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla
23. Kavaliauskienė J., 1996. *Lietuvos ežerų dumbliai*. Vilnius: Geografijos institutas.
24. Kelly M., Acs E., Bertrin V., Bennion H., Borics G., Burgess A., Denys L., Ecke F, Kahlert M., Karjalainen S. A., Kennedy B., Marchetto A., Morin S, Picinska-Fałtynowicz J., Phillips G., Schonfelder I, Schonfelder J., Urbanič G., Dam H., Zalewski T., 2014. *Water Framework Directive Intercalibration Technical Report*. Luxembourg: Publications office of the European Union.
25. Kostkevičienė J., 2007. *Algologijos įvadas*. Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla.
26. Kostkevičienė J., Vitonytė I., 2009. *Bentoso dumblių bendrijos skirtingos vandens kokybės Lietuvos upėse*. Mokslas – Lietuvos ateitis. 1 tomas, Nr. 4.
27. Levkov Z., Mihalič K. C., Ector L., 2010. *A taxonomical study of Rhoicosphenia Grunow (Bacillariophyceae) with a key for identification of selected taxa*. Fottea 10(2): 145–200.
28. Lietuvos standartizacijos departamentas, 2004. Vandens kokybė. Vadovas upės bentosinių titnagdumblių mėginiams imti ir ruošti. *LST EN 13946*. Vilnius

29. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija Panevėžio regiono aplinkos apsaugos departamentas, 2014. Upių monitoringo 2014 metų planas. Įsakymas Nr. D1-178, *Valstybės žinios*, Nr. 29-1363.
30. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, 2003. Fitoperifitono tyrimo metodika paviršinio vandens telkiniuose LAND 54-2003. Įsakymas Nr. 708, 2004-04-10, *Valstybės žinios*, Nr. 53-1827.
31. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, 2010. Dėl nuotekų tvarkymo reglamento patvirtinimo. Įsakymas Nr. D1-416. *Valstybės žinios*, Nr. 59-2938.
32. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, 2011. Dėl paviršinių vandens telkinių būklės nustatymo metodikos patvirtinimo. Įsakymas Nr. D1-648. *Valstybinės žinios*, Nr. 109-5146.
33. LR Finansų ministerija, 2011. *ES struktūrinė parama*. [žiūrėta 2014-04-25]. <http://www.esparama.lt/>.
34. Lietuvos Respublikos Seimas, 2013. Lietuvos Respublikos Administracinių teisių pažeidimo kodeksas. *Valstybinės žinios*, 2010, Nr.1-2.
35. Lietuvos Respublikos vandens įstatymas. *Valstybinės žinios*, 1997, Nr. 104-2615
36. Marsalek J., 2003. Road salt in urban stormwater: an emerging issue in stormwater management in cold climates. *Urban drainage and highway run-off in cold climates: selected proceedings of the International Conference on Urban Drainage and Highway Run-off in Cold Climates*, held in Lulea, Sweden, 25-27 March, 2003. London: IWA Publishing, p. 65–74.
37. Martin G., Fernandez M. de los R., 2012. *Diatoms as Indicators of Water Quality and Ecological Status: Sampling, Analysis and Some Ecological Remarks*. Ecological Water Quality – Water Treatment and Reuse, Dr. Voudouris (Ed.), ISBN: 978-953-51-0508-4, InTech.
38. Maziliauskas A., Adamonytė I., Gegužis R., Grinis V., 2010. *Paviršinių nuotekų tvarkymas ir jo poveikis vandens telkiniams*. ISSN 1648-116XLŽUU Mokslo darbai. Nr. 87 (40).
39. Mažeikienė A., 2009. *Vandens mikrobiologija*. Laboratorinių darbų metodikos nurodymai. Vilnius: Vilniaus Gedimino Technikos universitetas.
40. Mažeikienė A., Rimkutė D., 2011. *Naftos produktų šalinimo iš paviršinių nuotekų efektyvumas naudojant skirtingus sorbentus*. Vilnius: Mokslas – Lietuvos ateitis 3(5):132–136.
41. Michels A., 1998. *Use of diatoms (Bacillariophyceae) for water quality assessment in two tropical streams in Costa Rica*. Rev. Biol. Trop. 46. Supl. 6: 143–152.
42. Minela J., Vildana B., 2007. *Using bioindicators in the ecological assessment of fresh waters' quality*. Bosna Sema Educational institutions Sarajevo college.

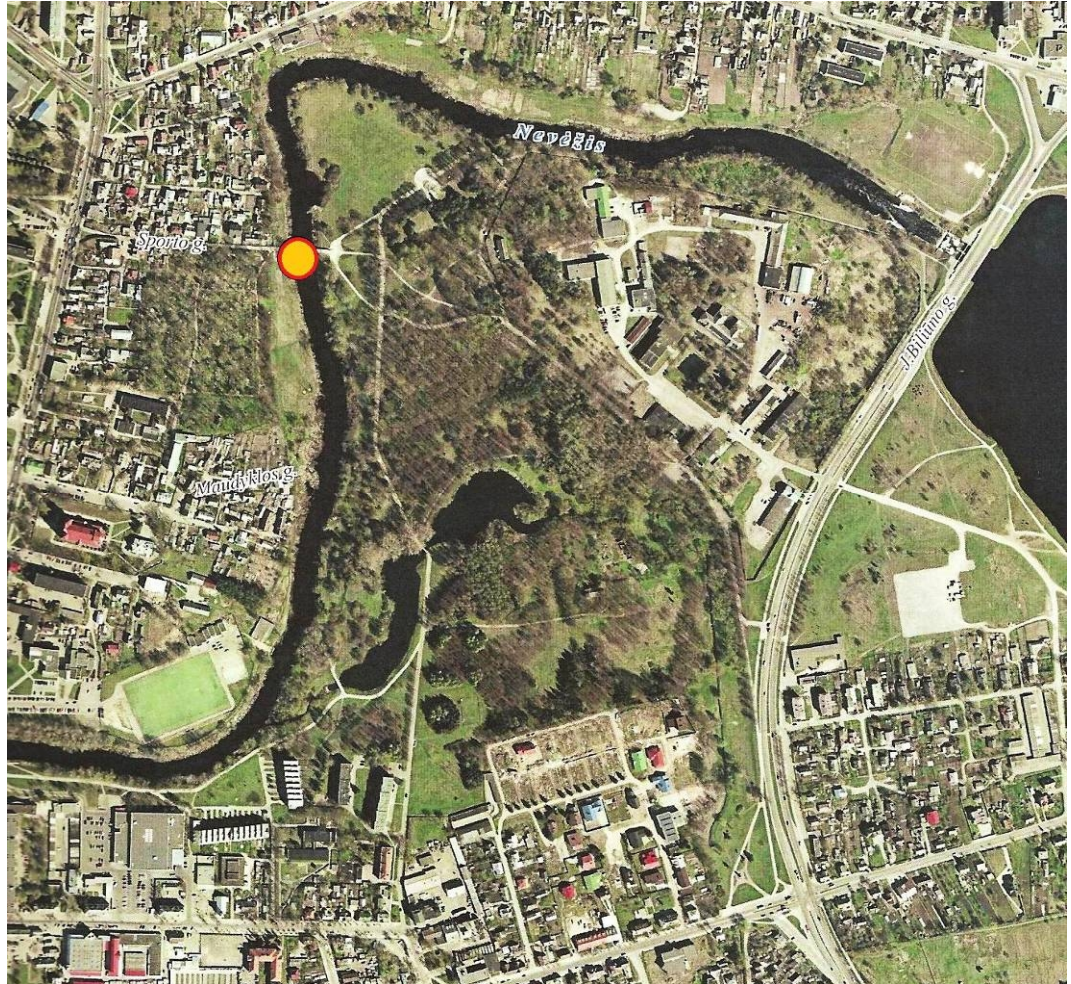
43. Mitch, 2012. *Canon Digital Photograph*. Diatom Collection. [žiūrėta 2013-12-11]. <http://photography-on-the.net/forum/showthread.php?t=1178117>.
44. Moonsin P., Peerapornpisal Y., Pimmongkol A., Pipp E., Rott E., 2013. *Diversity of Benthic Diatoms and Water Quality of the Mekong River Passing Through Ubon Ratchathani Province, Thailand*. Research Journal of Environmental and Earth Sciences 5(2): 58–66.
45. Morkevičius Š., Genienė V. 2009. *Panevėžio nuotekų valymo įrenginių įtakos Nevėžio upės užterštumui analizė*. Šiauliai.
46. Narkevičius M., 2013. *Valstybinė statistinė ataskaita, Forma Nr.1 – Vanduo. Metinė vandens išteklių naudojimo ir apsaugos 2012 metų ataskaita*. Panevėžys.
47. Narkevičius M., 2014. *Valstybinė statistinė ataskaita, Forma Nr. 1 – Vanduo. Metinė vandens išteklių naudojimo ir apsaugos 2013 metų ataskaita*. Panevėžys.
48. Noga T., Tarkowska J. S., Kochman N., Peszek L., Pajaczek A., Wozniak K., 2013. *Application of diatoms to assess the quality of the waters of the Baryczka stream, left-side tributary of the river San*. Journal of Ecological Engineering Volume 14, No. 3, July, pp. 8–23.
49. Panevėžio gatvės, 2010. Paslaugos. [žiūrėta 2014-04-25]. <http://www.panevgatves.lt/index.php?id=41>.
50. Paunsknytė I., 2009. *Bioindikatorių – Bentosinių titnagdumblių mėginių surinkimas. Vandens kokybė*.
51. Potapova M., Charles D. F, 2003. *Distribution of benthic diatoms in U.S. rivers in relation to conductivity and ionic composition*. Freshwater Biology 48, 1311–1328.
52. Radzijeuskaja J. 2013. *Gyvūnų ekologija*. Kaunas: Praktiniai darbai, 77–90.
53. Reid M. A., Tibby J. C., Penny D. Gell P. A. 1995. *The use of diatoms to assess past and present water quality*. Australian Journal of Ecology 20, 57–64.
54. Rudys G., Rimeika M., 2009. *Paviršinių nuotekų taršos ir debito tyrimai Kauno mieste*. Mokslas – Lietuvos ateitis. 1 tomas, Nr. 1.
55. Smetonis A., 2012. *Nevėžio upės vandens taršos tyrimų 2012 m. ataskaita*. A. Vilnius: Smetonio mokslinis techninis centras.
56. Solak N. C., Asc E., 2011. *Water quality monitoring in European and Turkish rivers using diatoms*. Turkish journal of fisheries and aquatic sciences. (11): 329–337.
57. Stoemer E. F., Smol J. P., 1999. *The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences*. Cambridge: Cambridge University press.
58. Šatkauskienė I., 2010. *Pirmuonių įvairovė*. Kaunas.
59. Šileika A. S., 2012. *Bendrojo azoto ir bendrojo fosforo kaitos tendencijos Nevėžio upėje*. Vilnius.

60. Tumas R., 2003. *Vandens ekologija*. Kaunas.
61. UAB „Panevėžio gatvės“ 2012. *Valstybinė statistinė ataskaita, Forma Nr. 1 – Vanduo. Metinė vandens išteklių naudojimo ir apsaugos ataskaita*. Panevėžys.
62. UK Technical Advisory Group on the Water Framework Directive [žiūrėta 2014-03-25]. <http://www.wfduk.org/>.
63. Walsh G., Wepener V., 2006. *The influence of land use on water quality and diatom community structures in urban and agriculturally stressed rivers*. Centre for Aquatic Research, Department of Zoology, University of Johannesburg, Johannesburg. [žiūrėta 2014-04-02]. http://www.scielo.org.za/scielo.php?pid=S181679502009000500007&script=sci_arttext.
64. William J. W., Grbovic J., Džeroski S., 2001. A reappraisal of saprobic values and indicator weights based on Slovenian river quality data. *Wat. Res* Vol. 35, No. 18, pp. 4285–4292.

PRIEDAI

Priedas 1

A. Smetonio (2012) tyrimų vieta



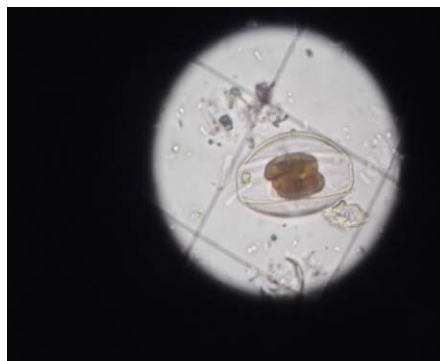
Išleistuvų vietų koordinatės

Išleistuvų Nr.	Išleistuvų koordinatės (x)	Išleistuvų koordinatės (y)
1 (Pramonės g.)	519523	6178131
2 (Savitiškio g.)	519598	6178158
4 (Dariaus ir Girėno g.)	520093	6178341
5 (J. Janonio g.)	520290	6178365
6 (Nemuno g.)	521096	6178458
7 (Pievų g.)	521410	6178555
8 (Raginėnų g.)	521602	6178428
18 (Marijonų g.)	522788	6178039
19 (Liepų al.)	552797	6178033
22 (Elektros g.)	522997	6177310
27 (Paliūniškio g.)	523819	6178052
29 (J. Biliūno g.)	524134	6177980
53 (Beržų g.)	524215	6176386

Darbo dienynas

Mėginio numeris		3	Išleistuvo numeris	14	Emimo skaičius	2
Eil. nr.	Taksono pavadinimas	Rastas skaičius mėginyje				
1	<i>Navicula tuscua</i>	1				
2	<i>Navicula placentula</i>	☒☒☒☒☒				
3	<i>Navicula pusilla</i>	☐				
4	<i>Navicula lacustris</i>	☒☒☒☒☒☒☒☒				
5	<i>Navicula lanceolata</i>	☒☒☒☒☒☒				
6	<i>Melosira arenaria</i>					
7	<i>Melosira varians</i>	☐				
8	<i>Gomphonema gracile</i>	☐				
9	<i>Synedra acus</i>	1				
10	<i>Synedra ulna</i>					
11	<i>Rhoicosphenia curvata</i>					
12	<i>Nitzschia sublinearis</i>	☒☒☒☒☒☒				
13	<i>Rossithidium pusillum</i>	☒				
14	<i>Pinnularia viridis</i>	☐				
15	<i>Surirella capronii</i>					
16	<i>Pinnularia major</i>	☐				
17	<i>Cocconeis placentula</i>	☒☒☒☒☒				
18	<i>Cymbella cistula</i>					
19	<i>Nitzschia vermicularis</i>					
20	<i>Gyrosigma attenuatum</i>	☒☐				
21	<i>Cymbella ventricosa</i>	☐				
22	<i>Cymbella prostrate</i>	1				
23	<i>Gomphonema acuminatum</i>	1				
24	<i>Fragilaria virescens</i>	1				
25	<i>Cymbella lanceolata</i>					
26	<i>Cymatopleura solea</i>					
27	<i>Amphora ovalis</i>	☐				
28	<i>Surirella linearis</i>	☒1				
29	<i>Tabellaria fenestrata</i>					
30	<i>Tabellaria flocculosa</i>					
31	<i>Stauroneis anceps</i>	☒☒☒1				
32	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>					
33	<i>Gomphonema augur</i>					
34	<i>Nitzschia sigmoidea</i>					

Tyrimo metu identifikuotų kai kurių titnagdumblių fotografijos (didinant 630 kartų)



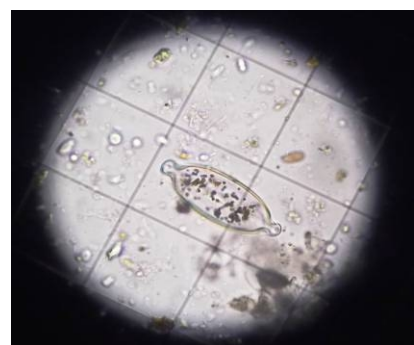
Amphora ovalis Ehr.



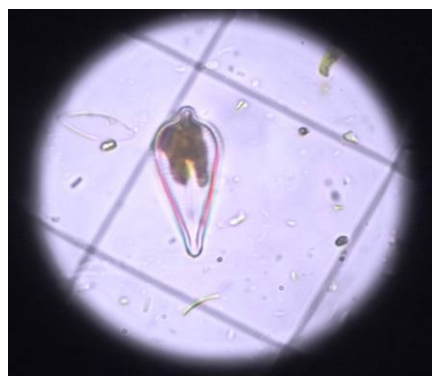
Cymbella prostrata (Berk.) Cl.



Gomphonema acuminatum Ehr.



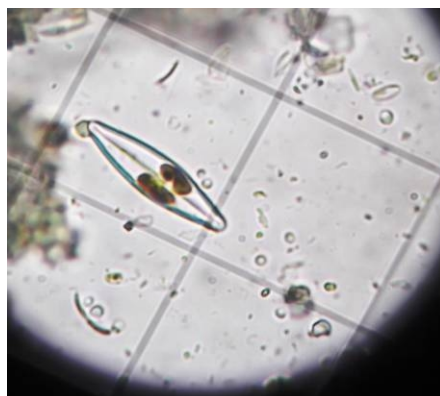
Navicula tuscula (Ehr.) Grun.



Gomphonema augur Ehr.



Cymatopleura solea (Breb.) W. Sm.



Navicula lanceolata (Ag.) Kutz.



Stauroneis anceps Ehr

Prie nuotekų išleistuvų mėginiuose rastų titnagdumблиų skaičiai

Taksono pavadinimas	Išleistuvo Nr. 22				Išleistuvo Nr. 29				Išleistuvo Nr. 27			
	Meg. 1	Meg. 2	Meg. 3	Iš viso	Meg. 1	Meg. 2	Meg. 3	Iš viso	Meg. 1	Meg. 2	Meg. 3	Iš viso
<i>Navicula tuscula</i>	2	2	0	4	3	2	1	6	12	1	9	22
<i>Navicula placentula</i>	1	26	3	30	1	9	2	12	24	9	15	48
<i>Navicula pusilla</i>	18	1	6	25	18	7	3	28	3	3	8	14
<i>Navicula lacustris</i>	12	7	1	20	12	3	1	16	2	13	2	17
<i>Navicula lanceolata</i>	27	31	12	70	27	25	25	77	30	27	49	106
<i>Melosira arenaria</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Melosira varians</i>	3	36	0	39	3	19	7	29	36	6	3	45
<i>Gomphonema gracile</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
<i>Synedra acus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Synedra ulna</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	12	7	42	61	12	31	31	74	21	31	3	55
<i>Nitzschia sublinearis</i>	19	2	27	48	19	0	30	49	4	19	46	69
<i>Rossthidium pusillum</i>	26	19	7	52	26	0	30	56	26	0	12	38
<i>Pinnularia viridis</i>	0	1	1	2	0	0	3	3	0	3	0	3
<i>Surirella capronii</i>	8	1	3	12	8	0	0	8	0	1	0	1
<i>Pinnularia major</i>	0	0	0	0	0	0	7	7	2	4	10	16
<i>Cocconeis placentula</i>	19	31	28	78	19	54	26	99	24	42	7	73
<i>Cymbella cystula</i>	15	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia vermicularis</i>	1	0	22	23	15	0	14	29	2	2	13	17
<i>Gyrosigma attenuatum</i>	9	0	0	9	1	0	1	2	0	0	0	0
<i>Cymbella ventricosa</i>	0	1	0	1	9	7	2	18	1	0	2	3
<i>Cymbella prostrata</i>	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema acuminatum</i>	27	0	0	27	0	0	0	0	0	2	0	2
<i>Fragilaria virescens</i>	0	1	19	20	27	3	0	30	0	1	0	1
<i>Cymbella lanceolata</i>	3	0	0	3	0	1	0	1	1	0	0	1
<i>Cymatopleura solea</i>	5	0	0	5	3	0	0	3	0	0	0	0
<i>Amphora ovalis</i>	1	31	0	32	5	30	31	66	8	14	25	47
<i>Surirella linearis</i>	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	7	7
<i>Tabellaria fenestrata</i>	7	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tabellaria flocculosa</i>	7	1	0	8	7	1	0	8	1	0	2	3
<i>Stauroneis anceps</i>	20	2	3	25	7	1	7	15	14	0	25	39
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	0	8	42	50	20	14	33	67	14	20	0	34
<i>Gomphonema augur</i>	0	1	0	1	0	2	0	2	0	0	1	1
<i>Nitzschia sigmoidea</i>	0	0	7	7	0	0	0	0	0	0	2	2
<i>Gomphonema truncatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Iš viso	242	210	223	675	243	209	254	706	227	200	241	668

Išleistuvai, prie kurių imti mėginiai



Išleistas Nr. 1 (Pramonės gatvė)



Išleistas Nr. 2 (Savitiškio gatvė)



Išleistas Nr. 4 (Dariaus ir Girėno gatvė)



Išleistuvas Nr. 5 (J. Janonio gatvė)



Išleistuvas Nr. 6 (Nemuno gatvė)



Išleistuvas Nr. 7 (Pievų gatvė)



Išleistuvas Nr. 8 (Raginėnų gatvė)



Išleistuvas Nr.18 (Marijonų gatvė)



Išleistuvas Nr.19 (Liepų alėja)



Išleistuvas Nr. 22 (Elektros gatvė)



Išleistuvas Nr. 27 (Paliūniškio gatvė)



Išleistuvas Nr. 29 (J. Biliūno gatvė)



Išleistuvas Nr. 53 (Beržų gatvė)

PATVIRTINIMAS APIE ATLIKTO DARBO SAVARANKIŠKUMĄ

Patvirtinu, kad įteikiamas magistro baigiamasis darbas (*pavadinimas*)

Titnagdumblių, kaip vandens kokybės bioindikatorių, analizė Nevėžio upėje

1. Yra atliktas mano paties/pačios;
2. Nebuvo naudotas kitoje mokslo ir studijų institucijoje;
3. Nenaudojau šaltinių, kurie nėra nurodyti darbe, ir pateikiu visą panaudotos literatūros sąrašą.

.....
(data)

.....
(autoriaus vardas ir pavardė, parašas)

PATVIRTINIMAS APIE ATSAKOMYBĘ UŽ LIETUVIŲ KALBOS TAISYKLINGUMĄ ATLIKTAME DARBE

Patvirtinu lietuvių kalbos taisyklingumą atliktame darbe.

.....
(data)

.....
(autoriaus vardas ir pavardė, parašas)